



## 惑星等保護プログラム標準

2023年2月6日 A改訂

宇宙航空研究開発機構

#### 免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

#### Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

#### 発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

## 目次

1.	総則.....	1
1.1.	目的.....	1
1.2.	適用範囲.....	1
2.	関連文書.....	2
2.1.	適用文書.....	2
2.2.	参考文書.....	2
3.	用語の定義.....	3
3.1.	用語.....	3
3.2.	略語.....	6
4.	管理要求.....	6
4.1.	惑星保護の役割および責任.....	6
4.1.1.	組織レベル.....	6
4.1.2.	プロジェクトレベル.....	7
4.2.	惑星保護カテゴリの定義.....	7
4.2.1.	カテゴリI.....	7
4.2.2.	カテゴリII.....	7
4.2.3.	カテゴリIII.....	8
4.2.4.	カテゴリIV.....	8
4.2.5.	カテゴリV.....	8
5.	技術要求.....	10
5.1.	全ミッションの一般要求.....	10
5.2.	技術要求.....	11
5.2.1.	フライト機器組立および製造部品等の素材管理.....	11
5.2.2.	アクセス権.....	11
5.2.3.	保護される太陽系天体への衝突確率.....	11
5.2.4.	保護される太陽系天体への汚染確率.....	12
5.2.5.	有機物目録.....	12
5.3.	固有のミッション要求.....	12
5.3.1.	月ミッション要求.....	12
5.3.2.	火星ミッション要求.....	13
5.3.3.	エウロパ、エンケラドス、およびその他の外惑星領域太陽系天体ミッションに 対する要求.....	15
5.3.4.	太陽系小天体ミッションに対する要求.....	17
5.4.	惑星保護手順要求.....	19
5.4.1.	バイオバーデン管理環境.....	19
5.4.2.	バイオバーデン評価.....	19
5.4.3.	バイオダイバーシティ評価（生物多様性評価）.....	19
5.4.4.	バイオバーデン低減.....	20
5.5.	文書化要求.....	21
5.6.	審査要求.....	22
5.7.	不適合およびウエーバ.....	23
別紙 A.	（適用）プロジェクト惑星保護要求書一DRD.....	24
A.1.	DRDの識別.....	24

A.1.1.	要求の識別および根拠文書.....	24
A.1.2.	目的および目標.....	24
A.2.	期待する対応.....	24
A.2.1.	内容.....	24
A.2.2.	特記事項.....	24
別紙 B.	（適用）惑星保護計画書－DRD.....	25
B.1.	DRDの識別.....	25
B.1.1.	要求の識別および根拠文書.....	25
B.1.2.	目的および目標.....	25
B.2.	期待する対応.....	25
B.2.1.	内容.....	25
B.2.2.	特記事項.....	26
別紙 C.	（適用）惑星保護実施計画書－DRD.....	27
C.1.	DRDの識別.....	27
C.1.1.	要求の識別および根拠文書.....	27
C.1.2.	目的および目標.....	27
C.2.	期待する対応.....	27
C.2.1.	内容.....	27
C.2.2.	特記事項.....	28
別紙 D.	（適用）打上前惑星保護報告書－DRD.....	29
D.1.	DRDの識別.....	29
D.1.1.	要求の識別および根拠文書.....	29
D.1.2.	目的および目標.....	29
D.2.	期待する対応.....	29
D.2.1.	内容.....	29
D.2.2.	特記事項.....	29
別紙 E.	（適用）打上後惑星保護報告書－DRD.....	30
E.1.	DRDの識別.....	30
E.1.1.	要求の識別および根拠文書.....	30
E.1.2.	目的および目標.....	30
E.2.	期待する対応.....	30
E.2.1.	内容.....	30
E.2.2.	特記事項.....	30
別紙 F.	（適用）延長ミッション惑星保護報告書－DRD.....	31
F.1.	DRDの識別.....	31
F.1.1.	要求の識別および根拠文書.....	31
F.1.2.	目的および目標.....	31
F.2.	期待する対応.....	31
F.2.1.	内容.....	31
F.2.2.	特記事項.....	31
別紙 G.	（適用）ミッション終了惑星保護報告書－DRD.....	32
G.1.	DRDの識別.....	32
G.1.1.	要求の識別および根拠文書.....	32
G.1.2.	目的および目標.....	32
G.2.	期待する対応.....	32
G.2.1.	内容.....	32
G.2.2.	特記事項.....	32

別紙 H.	(適用)有機物目録—DRD.....	33
H.1.	DRDの識別.....	33
H.1.1.	要求の識別および根拠文書.....	33
H.1.2.	目的および目標.....	33
H.2.	期待する対応.....	33
H.2.1.	内容.....	33
H.2.2.	特記事項.....	33
別紙 I.	(参考) 有人火星ミッションガイドライン.....	34
別紙 J.	(参考) カテゴリ選定フローチャート・カテゴリ別惑星保護要求一覧表.....	35
別紙 K.	(参考) カテゴリ別タスク例.....	37
K.1.	カテゴリIおよびIIのタスク例.....	37
K.1.1.	プロジェクト惑星保護要求の確認.....	37
K.1.2.	タスク内容.....	37
K.1.3.	スケジュール例.....	38
K.2.	カテゴリIIIのタスク例.....	39
K.2.1.	プロジェクト惑星保護要求の確認.....	39
K.2.2.	タスク内容.....	39
K.2.3.	スケジュール例.....	40
参考文献	.....	41

## 1. 総則

### 1.1. 目的

人類初の人工衛星となったスプートニク翌年の 1958 年、米国科学アカデミー（NAS）の全米研究評議会（NRC）は、月面やその他の天体への初期の探査が、その後の探査に悪影響を及ぼすのではないかと深い懸念を表明した。同評議会は、そうした天体への汚染を防止するような太陽系探査を計画し実施することを推奨した。NRC の決議は国際科学会議（ICSU）事務局へ伝えられた。ICSU は、地球外探査による天体汚染に関する特別委員会（CETEX）を組織し、1958 年秋、惑星保護の実施に関する最初の行動規範を制定した。この報告は、NAS 宇宙科学評議会（SSB）によって承認され、新たに設立された ICSU の国際宇宙空間研究委員会（COSPAR）が惑星保護に係る問題に責任を負うべきであるとの勧告が付記された。

惑星保護要求が適用された最初の宇宙飛行ミッションは、1961 年のレインジャーミッションであった。以降、すべての惑星ミッションは、簡潔な記録を残すだけの簡易なものから、全フライトシステムの最終段階での滅菌まで、程度は異なるが、惑星保護対策を実施する必要がある。

惑星保護の法的根拠は、「月その他の天体を含む宇宙空間の探査および利用における国家活動を律する原則に関する条約（宇宙条約）」の第 9 条において定められた。惑星保護の基本目的は変わっていない。それは

- 将来の生物探査のために惑星の状態を保持すること
- 地球および地球生物圏（月を含む）を潜在的に有害な地球外の生物汚染源から保護すること

である。これらの目的を果たすため、宇宙飛行ミッションにおいては、フォワード汚染（3.1.21項）およびバックワード汚染（3.1.22項）を管理する必要がある。

現在、COSPAR は、宇宙開発に携わる国家が参照することを目的として、宇宙探査における有機成分および生物学的汚染を回避する手順、並びに宇宙条約の文言を遵守するために、この分野で受け入れられているガイドラインおよび要求事項を規定する手順に関する国際基準として、惑星保護方針（Planetary Protection Policy）を保持し普及させている。

我が国では、これまで科学衛星を中心とする深宇宙探査では、個々のプロジェクトにおいて、COSPAR が規定する惑星保護方針（Planetary Protection Policy）に準拠した設計基準を採用し、COSPAR 惑星保護パネル（Planetary Protection Panel）において国際的な合意を形成することによって、個々のプロジェクトを実施してきた。しかし、今後我が国が火星衛星サンプルリターン（MMX）、月圏への探査、さらには火星探査等、惑星保護設計を必要とする複数のプロジェクトを実施する可能性があることから、JAXA 標準として惑星等保護プログラム標準を制定し、JAXA 全体として惑星保護に係る審査等を一元化することを目的とする。

### 1.2. 適用範囲

本標準には、JAXA 惑星保護要求を記載する。内容は以下の通り：

- 惑星保護全般に関わる管理要求（4章）
- 惑星保護技術要求（フォワードおよびバックワード汚染）（5.1項～5.3項）
- 手続きに関わる惑星保護要求（5.4項）
- 文書要求に関する定義（DRD）および各審査との関係（5.5項～5.7項）

本標準は以下に適用される：

- JAXA が実施する宇宙飛行ミッション
- JAXA が実施する宇宙飛行ミッションへの参加
- JAXA 以外の機関等が実施する宇宙飛行ミッションへの JAXA の参加

ここで参加とは、主たる宇宙飛行ミッションへの宇宙機の提供と運用、観測機器の提供と運用、要素部品の提供、およびサービス（打上げサービス、通信サービス、およびリレー機能等）の提供等を指す。例えば、JAXA が実施する宇宙飛行ミッションへ、JAXA 以外の機関等が提供する宇宙機や観測機器を搭載する場合、これらの宇宙機や観測機器は本標準の適用を受ける。

また、JAXA の打上げサービスや通信サービスを JAXA 以外の機関等が実施する宇宙飛行ミッションへ提供する場合も、本標準が適用され、本標準に適合しない宇宙飛行ミッションに対しては、JAXA のサービスを提供することができない。なお、JAXA 以外の機関等が実施する宇宙飛行ミッションへの JAXA の参加においては、JAXA 以外の機関等が定める惑星保護の規定に準拠することを優先とし、JAXA と相手機関等の協議によって惑星保護の実施方法を定めるものとする。

地球周回軌道に到達しない宇宙飛行ミッション、および地球周回軌道のみを対象とする宇宙飛行ミッションについては、フライト機器が月を含む太陽系天体へ到達する確率が極めて小さいことから、原則として対象外とする。ただし、打上げ機あるいは宇宙機の推進系の能力が大きい等、フライト機器が地球周回軌道を超えて月を含む太陽系天体へ到達する可能性を排除できない懸念がある場合においては、惑星等保護オフィサーまたは惑星等保護オフィサーの指定した担当者が個別にプロジェクト担当者へヒアリングを行い、本標準への適用の該非判定に係る助言を行うものとする。

本標準に記載されている要求は、個々のプロジェクトに適用するものとそうでないものに整理され、一般要求とミッション固有の要求が保持され、不要なものは割愛されるよう、調整（テラリング）される必要がある。適用範囲の詳細は、別紙 J のミッションカテゴリフローチャートを参照のこと。

## 2. 関連文書

### 2.1. 適用文書

下記の文書は、本標準に規定する範囲内において本標準の一部を成すものであり、特に規定のない限り本標準適用時の最新版とする。なお、本標準と下記文書との間に矛盾がある場合には、安全・信頼性推進部長に報告の上、適切な処置を講じるものとする。

- (1) JMR-005 品質保証プログラム標準
- (2) JMR-006 コンフィギュレーション管理標準
- (3) JMR-013 品質保証プログラム標準（基本要件 JIS Q 9100）

### 2.2. 参考文書

下記の文書は、本標準の記載内容を補足するために参考となるものであり、特に規定のない限り本標準適用時の最新版とする。文書 (2) は、フライト機器の組み立て環境やアウトガスの評価の参考となるものである。文書 (3) は、本標準に記載する衝突確率解析および汚染確率解析の具体例を示したハンドブックであり、文書 (9)～(11) はこのような解析を行う際に参考となるものである。文書 (4)～(8) は滅菌 (3.1.15項) とバイオバーデン管理 (3.1.2項) の参考となるものである。文書 (12) は、本標準作成に当たって参考とした ESA の標準文書である。

- (1) JMR-001 システム安全標準
- (2) JMR-010 コンタミネーション管理標準
- (3) JERG-0-057-HB001 惑星等保護に関わる衝突確率解析ハンドブック
- (4) JERG-0-057-HB002 フライト機器の滅菌ハンドブック（発行準備中）
- (5) JERG-0-057-HB003 クリーンルームの滅菌ハンドブック（発行準備中）
- (6) JERG-0-057-HB004 フライト機器及びクリーンルームの微生物検査ハンドブック（発行準備中）
- (7) JERG-0-057-HB005 滅菌工程に対する材料と部品の互換性試験ハンドブック（発行準備中）
- (8) JERG-0-057-HB006 フライト機器の超浄化ハンドブック（発行準備中）
- (9) JERG-2-000 宇宙機（人工衛星・探査機）設計標準
- (10) JERG-2-120 単一故障・波及故障防止設計標準
- (11) JERG-2-151 ミッション・軌道設計標準
- (12) ESSB-ST-U-001 Issue1 Rev0 ESA planetary protection requirements

### 3. 用語の定義

#### 3.1. 用語

##### 3.1.1. 検査（assay）

指定された手順を用いた生物学的汚染試料の収集と分析

##### 3.1.2. バイオバーデン（bioburden）

試料に混入している微生物の数、生物汚染度、またはバイオバーデン試験（生物汚染度を検定する試験）、およびバイオバーデン試験結果の数値。

##### 3.1.3. 包埋バイオバーデン（encapsulated bioburden）

非金属材料中に包埋された微生物によるバイオバーデン（例：ポッティング、FRP 等）

##### 3.1.4. JAXA サービス（JAXA services）

JAXA が提供する打上げサービス、通信サービス、およびリレー機能。

##### 3.1.5. 露出面（exposed surfaces）

周囲とガス交換可能な内面および外面。

##### 3.1.6. 現存する生命（extant life）

代謝的に活性化しているか休止状態かを問わず、生命体またはその徴候。

##### 3.1.7. 死滅した生命（extinct life）

すでに代謝的に活性化しておらず休止状態でもないことが明らかな、生命体またはその徴候。

##### 3.1.8. 帰路行程（inbound leg：インバウンド・レグ）

帰還ミッション（3.1.20項を参照）において、対象天体を離脱し地球への帰還を行う行程。

##### 3.1.9. 接合面（mated surface）

接着剤により接着されたものではない、ファスナ等により接合された面。

##### 3.1.10. 往路行程（outbound leg：アウトバウンド・レグ）

帰還ミッション（3.1.20項を参照）において、地球を出航し対象天体へ至る行程。

注：帰路行程の対義語として用い、対象天体へ向かう行程と対象天体近傍における活動のすべてを含む。



### 3.1.11. 惑星保護カテゴリ（planetary protection category）

対象天体の化学進化の過程や生命の起源に関する科学的な重要性和、対象天体の汚染が将来の調査に悪影響を及ぼす重大性を考慮して割り当てられる、惑星保護のカテゴリ。対象天体およびミッション形態によってカテゴリは異なり、カテゴリに応じて異なる要求が設定される。

### 3.1.12. 保護される太陽系天体（protected Solar system body）

（衝突確率解析に関連して）化学進化の過程や生命の起源に関して、科学的観点から重要性が高く、宇宙機による汚染が将来の調査に悪影響を及ぼす可能性が高いという科学的意見がある、惑星や月を含む、太陽系天体。

注：本定義および4.2項において定義されるカテゴリに従って、保護された太陽系天体は、惑星保護カテゴリ III および IV に割り当てられる。

### 3.1.13. 制約付き地球帰還（restricted earth return）

惑星保護カテゴリ V のうち、天体由来の生命体が存在する可能性があるとの科学的意見がある太陽系天体からの帰還ミッション（3.1.20項を参照）に対して適用されるサブカテゴリ。

### 3.1.14. 単一着陸イベント（single landing event）

打上げ前の予測において、個々の宇宙機および構成部品等の着陸点／落下点が、互いにそれぞれの予測点の  $3\sigma$  分散よりも遠く離れていることを実証できない着陸／落下イベント

注：例えば着陸機がエアロシェルを分離して着陸する場合、エアロシェルの予測落下点の  $3\sigma$  分散域の中に、着陸機の予測着地点の分散域の中心が含まれるとき、着陸機の着陸とエアロシェルの落下は単一着陸イベントとして取り扱われる。

### 3.1.15. 滅菌（sterilization）

本標準においては、製品から生存能力を持つ微生物をなくすために有効であると承認されている方法・工程。

### 3.1.16. 制約のない地球帰還（unrestricted earth return）

惑星保護カテゴリ V のうち、天体由来の生命体が存在しないとの科学的意見がある太陽系天体からの帰還ミッション（3.1.20項を参照）に対して適用されるサブカテゴリ。

### 3.1.17. 打上げ機（launch vehicle）

ロケット等、宇宙機を地球重力圏外へ運搬するシステム。

### 3.1.18. フライト機器（flight hardware）

打上げ機、宇宙機を含む、地球重力圏外へ運搬されるすべての機器。

### 3.1.19. 不適合（noncompliance）

一つ以上の特性が要求と合致しない又は異常な物品または設備の状態、修理等によっても要求を満足するようにできない状態、ウェーバ申請を行う必要がある。

### 3.1.20. 帰還ミッション（Earth-return mission）

地球と月を除く太陽系天体の影響を受けた宇宙機、宇宙機の一部、あるいはサンプルが地球圏（月を含む）へ帰還し影響を与えるすべてのミッション。また、月の影響を受けた宇宙機の一部またはサンプルが地球へ帰還し影響を与えるすべてのミッション。ここで、影響を受ける、とは、着陸、大気圏突入、フライバイを含め、対象天体からの宇宙機への物質輸送の可能性を排除できない事象を指し、また、影響を与える、とは、着陸、大気圏突入、フライバイを含め、宇宙機から対象天体への物質輸送の可能性を排除できない事象を指す。対象天体の影響を受けたか、対象天体へ影響を与えたか、については、科学的な知見に基づいて、

都度判断されること。

### 3.1.21. フォワード汚染 (forward contamination)

宇宙飛行ミッション過程における、地球生命体および生命関連物質による、地球以外の天体の汚染

### 3.1.22. バックワード汚染 (backward contamination)

宇宙飛行ミッション過程における、地球外生命体および有害物質による地球生物圏（月を含む）の汚染

### 3.1.23. 火星特別領域 (Mars special region)

地球由来の生命体の増殖を可能とするのに十分な水の活量（水分活性, water activity）と温度環境を同時に有する可能性のある火星上の領域。

- a) 火星特別領域を特定する物理パラメータは以下の通りである。
1. 水の活量の下限値は 0.5, 上限値は 1.0.
  2. 温度の下限値は  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 上限は定めない.
  3. 制限が識別される時間スケールは 500 年.
- b) 以下の特徴が観察される領域は、適用外であることが証明されるまで、火星特別領域として取り扱う
1. 峡谷（分類番号 2-4）と峡谷に付随する明るい筋模様 (bright streak, 参考文献[7])
  2. 地下の空洞
  3. 5m より深い地下
  4. 確認された、あるいは部分的に確認されたりカレントスロープリニア (Recurrent Slope Lineae; RSL), 参考文献[8]より引用した RSL の観察的証拠は以下のとおりである。
    - 確認されたもの：温暖な斜面でのフローの成長と衰退が同時に観測され、複数火星年でこのシーケンスが繰り返されたもの。
    - 部分的に確認されたもの：増殖または再発が認められたもの。
    - 候補となるもの：RSL に似ているが、部分的な確認に必要な観測が現在のところ不足している斜面の筋模様。
- c) 将来、以下の特徴が観察される領域が発見される場合、適用外であることが証明されるまで、火星特別領域として取り扱う。
1. 地下水
  2. メタンの発生源
  3. 地熱活動
  4. 最近の流出痕跡
- d) 以下の特徴が観察される領域は、火星特別領域に分類される前に、個別に評価を行う。
1. 暗い筋模様
  2. ペースト状の地形
  3. RSL の候補となるもの (3.1.23 項 b) の b)3)

注：現在情報が無いため、火星生物の存在を基礎として特別領域に指定された領域はない。

注：宇宙機によって誘発される特別領域は、上記の条件や特徴に基づいて個別に判断される。

### 3.1.24. D-値 (D-value)

指定される条件において、試験微生物の生細胞数の内の 90% が不活性化するのに必要な時間、あるいは線量。

### 3.1.25. 生命探知調査 (life detection investigation)

現存する生命体の痕跡を検出する科学的調査。

### 3.1.26. 永久陰 (Permanently Shadowed Regions; PSRs)

(月の) 直射日光が恒久的に当たらない領域。

## 3.2. 略語

COSPAR	Committee on Space Research (国際宇宙空間研究委員会)
CDR	Critical Design Review (詳細設計審査)
DRD	Document Requirement Descriptions (文書要求に関する定義)
ISO	International Organization for Standardization (国際標準化機構)
LRR	Launch Readiness Review (打上準備完了審査)
MDR	Mission Definition Review (ミッション定義審査)
NAC	NASA Advisory Council (NASA 諮問委員会)
PDR	Preliminary Design Review (基本設計審査)
PPOSS	Planetary Protection of Outer Solar System (外惑星領域太陽系天体の惑星保護)
PPO	Planetary Protection Officer (惑星等保護オフィサー)
PPS	Planetary Protection Subcommittee (惑星保護小委員会)
PSR	Pre-Ship Review (出荷前審査)
SDR	System Definition Review (システム定義審査)
SRR	System Requirements Review (システム要求審査)
VTL	Verification Tracking Log (安全検証追跡ログ)

## 4. 管理要求

### 4.1. 惑星保護の役割および責任

#### 4.1.1. 組織レベル

JAXA は、安全審査委員会の下、当機構の惑星保護方針が正しく実施されることを監督する責任がある。

安全審査委員長は惑星等保護審査部会とその部会長を定める。安全・信頼性推進部長は、惑星等保護審査部会長をもって惑星等保護オフィサー (PPO) を定める。惑星等保護審査部会は惑星保護に関わる JAXA 内外の有識者から構成される。惑星等保護オフィサーは、惑星等の保護に係る次の業務を行う。

- JAXA 惑星等保護プログラム標準 (本標準) を始めとする惑星等保護に係る標準類を策定し、維持すること。
- JAXA 外の機関および国際的な枠組みに対して、惑星保護問題に関する JAXA の連絡窓口として行動すること。
- JAXA の宇宙飛行ミッションの惑星保護の遵守状況について COSPAR へ報告する等、惑星保護に係る事案について JAXA の代表者として行動すること。
- 惑星保護に関連する JAXA のプログラムおよびプロジェクトに対して助言、支援すること。

また、惑星等保護オフィサーは、惑星等保護審査部会長として、惑星等の保護に係る次の業務を行う。

- 宇宙飛行ミッションにおいて識別された惑星保護カテゴリおよび惑星保護要求を承認すること。

- 進行中のプロジェクトと連携して、設備、機器、手順、および実施に関する査察や審査を実施し、それらが惑星保護要求を遵守するために適切であるか評価を行い、必要に応じて是正勧告を行うこと。
- 宇宙飛行ミッション中、打上前、宇宙機が帰還する場合はミッションの帰還フェーズへ移行する前、大気再突入前、さらに持ち帰ったサンプルを開梱する前に、惑星保護の遵守状況を審査すること。

#### 4.1.2. プロジェクトレベル

プロジェクトマネージャ（PM）は、プロジェクトレベルで惑星保護要求を正しく識別し、また実施することに責任を有する。プロジェクトマネージャは惑星保護マネージャ（PPM）（PMが兼務することができる）を定める。惑星保護マネージャは、以下の責任を有する：

- 本標準、および JAXA が承認した設計標準において惑星保護に関連のある標準の中から、当該プロジェクトに適用すべきものとそうでないものを識別し、当該プロジェクト固有の惑星保護要求として特定すること。
- 惑星保護の実施および管理手法を定めること。
- プロジェクト内での惑星保護の実施体制を定めること。
- プロジェクトレベルにおける惑星保護文書を作成すること。
- 惑星保護に関わる審査における勧告を履行することについて検討すること。

#### 4.2. 惑星保護カテゴリの定義

様々な惑星保護カテゴリは、対象天体の汚染が将来の調査に悪影響を及ぼすことへの重要性和懸念を反映している。カテゴリとそれに付随する要求は、対象天体およびミッション形態の組み合わせによって異なる。また、ミッションによっては複数のカテゴリが選択される場合もある。

以下の定義は、本標準発行時の COSPAR による分類に基づく。個々の具体的な事案に対しては、惑星等保護オフィサーが、最新かつ／または適用すべきカテゴリと、それに付随する要求を示す。

なお、各ミッションがどの惑星保護カテゴリに適合するかを判断するに当たっては、別紙 J のミッションカテゴリフローチャートが利用できる。

##### 4.2.1. カテゴリ I

カテゴリ I のタスク例は別紙 K.1 を参照。

###### 説明

化学進化の過程や生命の起源に関して、科学的観点からは重要でないと考えられる天体への、すべての形態のミッション。

###### 適用対象

S 型小天体、木星の衛星・イオ、水星

###### 要求

なし

##### 4.2.2. カテゴリ II

カテゴリ II のタスク例は別紙 K.1 を参照。

###### 説明

化学進化の過程や生命の起源に関して、科学的観点からは重要性が高いが、宇宙機による汚染が将来の調査に悪影響を及ぼす恐れが科学的にほとんどない天体への、すべての形態のミ

ッション。

#### 適用対象 1

金星，彗星，小天体（P 型，D 型，および C 型），木星，木星の衛星（イオ，エウロパ，およびガニメデを除く），土星，土星の衛星（タイタン，エンケラドスを除く），天王星，天王星の衛星，海王星，海王星の衛星（トリトンを除く），冥王星の 1/2 サイズ以下のカイパーベルト天体。

#### 適用対象 2

月（さらに II，IIa，IIb に細分化される。詳細は 5.3.1 項を参照）。

#### 適用対象 3

木星の衛星・ガニメデ，土星の衛星・タイタン，海王星の衛星・トリトン，冥王星／カロンの，冥王星の 1/2 サイズ以上のカイパーベルト天体。

#### 要求

惑星保護文書要求を調整（テーラリング）した簡易な文書作成。適用対象 2（月）については有機物目録が必要となる場合がある（5.3.1 項を参照）。適用対象 3 については，当該ミッションにおいて，対象天体の表面下に存在する可能性のある液体水環境が汚染される（地球上の増殖可能な生物が一匹でも到達する）可能性が  $1 \times 10^{-4}$  未満である場合，カテゴリ II と分類することができる。この際，そのような環境の存在と接触の見通しの両方について分析する必要がある。

#### **4.2.3. カテゴリ III**

カテゴリ III のタスク例は別紙 K.2 を参照。

#### 説明

保護される太陽系天体（3.1.12 項を参照）へのフライバイおよび周回ミッション。

#### 適用対象

火星，木星の衛星・エウロパ，土星の衛星・エンケラドス。

#### 要求

惑星保護文書要求に準拠した詳細な文書作成。有機物目録。衝突確率解析，汚染確率解析。

#### **4.2.4. カテゴリ IV**

#### 説明

保護される太陽系天体（3.1.12 項を参照）への地表ミッション。

#### 適用対象

火星，木星の衛星・エウロパ，土星の衛星・エンケラドス。

#### 要求

惑星保護文書要求に準拠した詳細な文書作成。有機物目録，有機物サンプルの保管。材料，部品，組立品，および設備に対するバイオバーデン管理および滅菌。

#### **4.2.5. カテゴリ V**

#### 説明

すべての帰還ミッション（3.1.20 項を参照）。科学的意見により，天体由来の生命体が存在しないと考えられる太陽系天体に対しては，サブカテゴリ a) 制約のない地球帰還（3.1.16 項を参照）として定義する。それ以外のカテゴリ V ミッションに対しては，サブカテゴリ b) 制約付き地球帰還（3.1.13 項を参照）として定義する。

## 適用対象

- a) 制約のない地球帰還  
金星，月，小天体（B型，C型，およびS型），木星の衛星・イオ，水星等。ただし，小天体については原則として都度判断する。
- b) 制約付き地球帰還  
火星，木星の衛星・エウロパ，土星の衛星・エンケラドス。ただし，原則として都度判断する。

## 要求

- a) 制約のない地球帰還  
往路行程のカテゴリに対応して（一般にはカテゴリⅠまたはⅡ），当該フェーズにおける惑星保護要求のみを有する。
- b) 制約付き地球帰還
  - 対象天体に影響を受けた宇宙機，宇宙機の一部，あるいはサンプルであって，滅菌されていないものについては，帰還するものすべてについて，全帰還フェーズにおいて封じ込めを行うこと。ここで帰還するとは，対象天体を離脱し，地球圏（月を含む）へ帰還し影響を与える軌道上にあることを指す（3.1.20項を参照）。また封じ込めとは，下記の微生物汚染確率要求を満足することを指す：
 

対象天体出発後最初の100年間，滅菌されていない10 nm以上の粒子1個が外部へ漏洩する確率を $10^{-6}$ 以下とすること（参考文献[9]）。

注1：微生物汚染確率要求の合理性は，保護される太陽系天体と地球圏との「接触の連鎖を断ち切る」ことにある。

注2：この数値の根拠は参考文献[10]を参照されたい。

注3：上記の要求に現れる「粒子」という用語には，対象天体からの物質と，対象天体に影響を受けた宇宙機および宇宙機の一部が含まれる。

注4：10 nmという最小サイズについては，現時点で暫定的にESAの標準に倣うこととするが，今後本規定を適用する案件が発生した際に，必要があれば，最新の科学的知見にもとづいて議論を行い再設定するものとする。
  - 採取され地球へ帰還したすべての滅菌されていないサンプルに対して，厳格な封じ込め環境において，最も感度の高い手法によって，適時分析を実施すること。地球由来ではない増殖体の存在の徴候が認められる場合，有効な滅菌法によって処理しない限り，帰還したサンプルは封じ込めたままとすること。ここで厳格な封じ込めとは，対象天体出発後最初の100年間，滅菌されていない10 nm以上の粒子1個が外部へ漏洩する確率を $10^{-6}$ 以下とすること，を指す（前項の「微生物汚染確率要求」を参照）。

なお，往路行程の要求は，一般的にはカテゴリⅣとなる。

注：地球の月は，地球一月系の一部であると考え，月に対しても地球と同レベルのバックワード汚染からの保護を行う。

カテゴリⅤのミッションにおいては，ミッション期間中に発生する状況の変化によって，カテゴリの変更やミッション失敗となることがあり得る。これらの場合には，持ち帰るはずであったサンプルは放棄するものとし，既に採取されていた場合については，サンプルを運ぶ宇宙船が地球圏（月を含む）へ帰還し影響を与えることを許可してはならない（3.1.20項を

参照)。このような例としては以下が挙げられる：

- 新しいデータや科学的な知見によって、制約のない地球帰還（3.1.16項を参照）から制約付き地球帰還（3.1.13項を参照）へカテゴリが変更され、サンプルの安全な帰還が保証できない場合
- 制約付き地球帰還（3.1.13項を参照）ミッションにおいて、サンプル封じ込め環境の信頼性が低下し、サンプルの滅菌も不可能な場合

## 5. 技術要求

### 5.1. 全ミッションの一般要求

- a) JAXA プロジェクトを提案する検討チームの長は、ミッション定義段階（ミッション定義フェーズ）の間、ミッション定義審査（MDR）までに、惑星等保護審査部会長による審査のために、別紙 A の DRD を遵守し、ミッション要求書（案）の一部として、予備的なプロジェクト惑星保護要求書を作成すること。

注 1：ESA 標準ではプロジェクトマネージャと記述されているが、JAXA プロジェクトマネジメント実施要領では、上記のフェーズにおいては、検討チームの長となる。

注 2：ESA 標準では Preliminary Requirements Review（PRR）までにプロジェクト惑星保護要求書を作成することが要求されているが、JAXA プロジェクトマネジメント実施要領では PRR が規定されておらず、MDR またはプロジェクト準備審査がこれに代わるため、MDR までに予備的なプロジェクト惑星保護要求書を作成するものとする。

- b) 複数の太陽系天体を目標とするまたは複数の太陽系天体に会合する可能性を有するミッションにおいては、関連するすべての保護される太陽系天体(3.1.12項を参照)について、適用するすべての惑星保護要求について、予備的なプロジェクト惑星保護要求書に記述すること。
- c) 惑星等保護審査部会長は、本標準、COSPAR 惑星保護方針および要求、並びに関係する外部の惑星保護有識者が要請する惑星保護に関わる義務にもとづいて、予備的なプロジェクト惑星保護要求書における要求の遵守状況を審査すること。
- d) 惑星等保護審査部会長が承認し、プロジェクトを提案する検討チームの長が認可した予備的なプロジェクト惑星保護要求書を、ミッション要求書の一部としてベースライン化し、遅くともシステム要求審査（SRR）までに公表すること。
- e) 惑星等保護オフィサーは、プロジェクトを提案する検討チームの長と協力し、できるだけプロジェクトの早いフェーズにおいて（基本設計審査よりも前であることが望ましい）、設定する惑星保護カテゴリと惑星保護計画について COSPAR 惑星保護パネルへ報告し、国際的な合意を形成すること。

注 1：COSPAR 惑星保護パネルは隔年開催となることから、COSPAR における合意形成がプロジェクトのスケジュールと整合しないリスクが危惧される。プロジェクトがかなり進捗した段階で国際的な合意が得られず惑星保護カテゴリが変更となれば、大きな手戻りとなるのみならず、場合によってはプロジェクトの継続が困難となる。このようなリスクを回避するため、惑星等保護オフィサーは、プロジェクトを提案する検討チームの長と協力の下、できるだけプロジェクトの早い時期から COSPAR 惑星保護パネルとの調整を行うことが推奨される。

- f) 惑星保護の制約を受ける非 JAXA ミッションに提供される JAXA のフライト機器および

JAXA サービスは、それらが JAXA の惑星保護要求を満足していることを確認するために、原則として5.5項の文書化要求並びに5.6項の審査要求に基づいて審査されること。

注：非 JAXA ミッションの主導者は、惑星保護カテゴリや関連する要求の割り当て、監視、審査、および承認等、ミッションレベルで惑星保護全体に責任を有する。

- g) ミッションベースラインに重大な変更が生じる場合、プロジェクトマネージャは、この変更が惑星保護要求および惑星保護実施方法に及ぼす影響について評価し、対策を提示し、惑星等保護審査部会長の承認を得ること。惑星等保護審査部会長が、惑星保護要求および惑星保護実施方法に重大な変更が生じると認めた場合は、惑星等保護審査部会および安全審査部会が、対策の妥当性を審査すること。

## 5.2. 技術要求

### 5.2.1. フライト機器組立および製造部品等の素材管理

- a) 5.2.3b)項で規定されている場合を除き、惑星保護制約の対象となるすべてのフライト機器は、打上に至るまで、コンタミネーション管理標準（JMR-010）に規定されるように、常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルーム、もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された環境において、組み立て、保管すること。
- b) 5.2.3b)項で規定されている場合を除き、惑星保護制約の対象となるすべてのフライト機器は、コンタミネーション管理標準（JMR-010）に規定されるように、製造部品等の素材について、常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルームよりも清浄度が劣る環境で加工された素材については、適切な洗浄等を実施すること。

注：保管中においてもクリーンルームは運用中であり、空気清浄度が常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルームもしくはそれ以上でなければならない。

### 5.2.2. アクセス権

- a) 惑星等保護審査部会長またはその代理人は、フライト機器や、射場を含む管理されるべき環境に対して、あらかじめ計画してプロジェクトマネージャと合意した時期、間隔において、プロジェクトから独立した確認検査を実施すること。

注：本要求は、清浄度管理に懸念がある場合や、バイオバーデン管理が要求されるプロジェクトに適用される。

### 5.2.3. 保護される太陽系天体への衝突確率

- a) 保護される太陽系天体（3.1.12項を参照）を目標とする、または会合する可能性を有するミッションについては、関連するすべての保護される太陽系天体について、以下の衝突確率要求を満足すること。またこれを衝突確率解析によって示すこと。
- b) 常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルーム、もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件下では組み立てられていない、あるいは保管されていない、宇宙機のあらゆる構成要素に対して、その保護される太陽系天体への衝突確率は、打上げから 50 年間に渡り  $1 \times 10^{-4}$  以下であること。

注：これらの構成要素の例は、打上げロケットの上段ステージやキックモータ等、地球重力圏外に運搬される部分である。

- c) 以下の条件のうちいずれかを満足しなければならない：
1. 常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルーム、もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件下で組み立て・保管されている宇宙機のあらゆる構成要素に対して、その保護される太陽系天体への衝突確率は、打上げから 20 年間に渡り  $1 \times 10^{-2}$



以下であること。さらに打上げより 20 年後から 50 年後までの間は  $5 \times 10^{-2}$  以下であること。

2. 表面、接合面、および包埋されたものを含む、宇宙機全体のバイオバーデンは、芽胞  $5 \times 10^5$  個以下であること。

注：この要求は、保護される太陽系天体へのフライバイおよび重力アシスト・マヌーバに対しても適用される。

d) 5.2.3a)項で規定される衝突確率解析は、以下の事柄を含むこと：

1. シングルパス／マルチパス解析
2. 宇宙機の信頼性
3. メテオロイドの衝突の影響
4. 宇宙機の軌道決定に係る情報（位置、速度ベクトル）
5. 宇宙機のマヌーバ、および惑星／衛星の天体暦（運行位置・軌道）が有する不確かさ
6. ミッション／太陽の元期（エポック）を変数として推定される、太陽活動の変動に伴う大気密度の確率的な変動性

#### 5.2.4. 保護される太陽系天体への汚染確率

- a) 保護される太陽系天体（3.1.12項を参照）を目標とする、または会合する可能性を有するミッションについては、関連するすべての保護される太陽系天体に対して、本標準において数値的要求が別途規定されている場合を除き、生存能力のある地球由来の微生物によって対象天体が汚染される確率が、宇宙機が対象天体に到着後 50 年間に渡り  $1 \times 10^{-3}$  以下であること。

#### 5.2.5. 有機物目録

宇宙飛行ミッションが以下に該当する場合、個別のミッション要求（5.3項を参照）を踏まえて、別紙 H の DRD を遵守し、有機物目録を作成すること。

- a) 以下のいずれかであること
  1. 月着陸ミッション（5.3.1項を参照）。
  2. カテゴリ III あるいはカテゴリ IV に分類されるミッション。ただし、5.2.3b)および c)1項の保護される太陽系天体（3.1.12項を参照）に対する衝突確率要求を満たすような宇宙機あるいは宇宙機部分（たとえば、周回機と着陸機を合わせ持つ宇宙機の周回機部分）については、有機物目録は不要である。
- b) 宇宙機上で使用されているものを積算した総量が、惑星等保護審査部会長と合意している上限値（通常は 1 kg）を上回るものが存在する場合。

特に免除されない限り、有機物目録については、宇宙機上で使用されているものを積算した総量が 1 kg を上回るものすべてをリストアップすること。有機物目録は、宇宙機が推進システムおよび生命維持装置を有する場合、これらが月表面および保護される太陽系天体の環境中に放出する可能性のある有機生成物を含み、主要な化学成分の定量的および定性的な記述と、存在する微量化学成分の統合量を含むこと。

### 5.3. 固有のミッション要求

#### 5.3.1. 月ミッション要求

##### 5.3.1.1. 月周回およびフライバイミッション

月周回およびフライバイミッションはカテゴリ II に分類され、5.1項の一般要求、5.2項の技術要求、5.5項の文書要求、5.6項の審査要求、および5.7項が適用される。ただし、有機物目録（別紙 H）を提出する必要はない。

### 5.3.1.2. 月着陸ミッション

月着陸ミッションはカテゴリ IIa および IIb に分類される。カテゴリ IIb でないものは、すべて IIa である。カテゴリ IIa の月着陸ミッションにおいては、5.3.1.1項の要求に加え、推進システムによって月環境に放出される可能性がある有機生成物について、別紙 H の H.2.1項を踏まえて、有機物目録を提出すること。

### 5.3.1.3. 永久陰（PSR）および極域への地表ミッション

月着陸ミッションであって、ノミナル運用において永久陰（PSR）領域や極域（特に南緯 79°以南と北緯 86°以北）へ到達するものは、カテゴリ IIb とする。これらのミッションにおいては、宇宙機上で使用されているものを積算した総量が、惑星等保護審査部会長と合意している上限値（通常は 1 kg）を上回る有機物について、別紙 H の DRD を遵守し、有機物目録を提出すること。

注：月ミッションにおいては、文書要求をテーラリングして、プロジェクト惑星保護要求書、惑星保護計画書、および惑星保護実施計画書を一本化した「惑星保護計画書」を作成し、CDR までに惑星保護審査を受けることが一般的である。

## 5.3.2. 火星ミッション要求

### 5.3.2.1. 火星ミッションの一般要求

- a) 5.2.5項を遵守し、有機物目録を提出すること。ただし、5.2.3b)およびc)1項の火星衝突確率要求を満たすような、宇宙機あるいは宇宙機部分（たとえば、周回機と着陸機を合わせ持つ宇宙機の周回機部分）については、有機物目録は不要である。
- b) 宇宙機の構成要素として 25kg 以上使用されているすべての有機物については、それぞれ 50g のサンプルを、打上げ後 50 年間に渡って、常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルーム、もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件下で保管すること。ただし、5.2.3b)およびc)1項の火星衝突確率要求を満たすような、宇宙機あるいは宇宙機部分（たとえば、周回機と着陸機を合わせ持つ宇宙機の周回機部分）については、有機物保管は不要である。

注：サンプルは原材料レベルではなく、製品の素材のサンプルであっても差し支えない。

- c) バイオバーデンに関するすべての制約条件が満足されているかどうかを、打上げ前に確認すること。

注：この確認作業は、通常、フライト機器あるいはフライト機器の要素部品への最終アクセス時に実施される。すなわち、フライト機器を次の作業契約者への引き渡す際、射場へ移送する際、そしてノーズフェアリング閉頭前の射場作業の際等である。

- d) 本標準において、すべてのバイオバーデン制約条件は、80°C 15 分のヒートショックに耐える好気性微生物（以下、芽胞と呼ぶ）を TSA（トリプチケースソイ寒天培地）で 32°C 72 時間培養した数を基準に定義するものとする。

### 5.3.2.2. 火星表面ミッション要求

#### 5.3.2.2.1. 概要

火星表面ミッションはカテゴリ IVa, IVb, IVc に分類される。カテゴリ IVb および IVc でないものは、すべて IVa である。5.3.2.2.2項の要求は、すべての火星表面ミッションに適用される。その他の要求は、ミッションの目的（5.3.2.2.3項）および火星上の領域（5.3.2.2.4項）に応じて適用される。

#### 5.3.2.2.2. 一般要求

- a) 着陸システム全体のバイオバーデンは、露出した内面および外面において、芽胞  $3 \times 10^5$

個以下であること。

- b) 着陸システムの平均バイオバーデンは、露出した内面および外面において、芽胞密度 300 個/m<sup>2</sup> 以下であること。
- c) プロジェクトは、ノミナルおよびオフノミナル状態の宇宙機が、3.1.23項に示される火星特別領域を生み出すように局所的に火星環境を変容させてしまう可能性を有するか否かを分析し、その結果を示すこと。

注：上記の分析は、表面又は表面下に水氷を有する地域において、放射性同位体熱源を使用する宇宙機においては、特に重要である。

#### 5.3.2.2.3. 生命探知調査を伴う表面ミッションに対する要求

生命探知調査を伴う表面ミッションは、惑星保護カテゴリ IVb と定義される。

- a) 以下の条件のうちいずれかを満足しなければならない：
  1. 地表システム全体のバイオバーデンは、露出した内面および外面において、芽胞 30 個以下であること。または、目的とする生命探知調査の性質と感度によって要求される汚染レベル以下であること。
  2. 生命探知調査に用いるサンプルの採取、輸送、および分析に関与するサブシステムの平均バイオバーデンは、次のいずれかとする：
    - (a) 芽胞密度 0.03 個/m<sup>2</sup> 以下であること、または
    - (b) 目的とする生命探知調査の性質と感度によって要求される汚染レベル以下であること。さらに、これらのサブシステムおよび分析対象となるサンプルの再汚染防止措置を、生命探知調査が終了するまで維持すること。

#### 5.3.2.2.4. 火星特別領域にアクセスする表面ミッションに対する要求

火星特別領域（3.1.23項を参照）にアクセスする表面ミッションは、惑星保護カテゴリ IVc と定義される。

- a) 着陸地点が3.1.23項に示される火星特別領域内である場合、地表システム全体のバイオバーデンは、露出した内面および外面において、芽胞 30 個以下であること。
- b) 3.1.23項に示される火星特別領域へ、水平方向あるいは垂直方向の移動によりアクセスする場合、以下の条件のうちいずれかを満足しなければならない：
  1. 地表システム全体のバイオバーデンは、露出した内面および外面において、芽胞 30 個以下であること。
  2. 火星特別領域へ直接接触するサブシステムが前項のレベルまで滅菌されており、火星特別領域へ接触するのに先立って、再汚染を防止する措置が維持されていること。

注：火星特別領域へのアクセス例としては、移動システム、飛行システム、掘削システムなどが挙げられる。

注：第1項は地表システム全体のバイオバーデン管理を想定し、第2は地表システムのうちサブシステムだけを火星特別領域に接触させることを想定している。

- c) オフノミナルケースにおいて、宇宙機が偶発的に火星特別領域に生物学的汚染をもたらす可能性が高い場合、宇宙機システム全体のバイオバーデンは、露出した内面および外面において芽胞 30 個以下であり、かつ接合面および包埋された芽胞の総和は  $2 \times 10^5$  個以下であること。

注：オフノミナルケースの例として、着陸失敗（ハードランディング）が挙げられる。

注：このバイオバーデンレベルは、滅菌方法に対する頑健な微生物の発生を考慮したも

のである。この仕様では、表面清浄度がカテゴリ IVa に到達し、その後生菌数が少なくとも 4 桁減少することを想定している。バイオバーデンレベルの検証は、滅菌前のバイオバーデン評価と滅菌方法による低減率に関わる知識に基づき行われる。

#### 5.3.2.3. 火星サンプル帰還ミッション要求

火星からのサンプル帰還ミッションは、カテゴリ V 「制約付き地球帰還（3.1.13項を参照）」に分類される。

- a) 特に免除されない限り、火星のサンプル帰還ミッションの往路行程には、5.3.2.2.3項に規定されるカテゴリ IVb 要求を適用すること。

注：この規定は、生命検出および危険性判定手順、または、その帰還後にサンプル中の生命の検索において、「誤検知」を回避することを意図する。「誤検知」は、封じ込め下からのサンプルの配布を妨げ、その後のすべての火星ミッションの要件を不必要に厳格化することにつながり得る。

- b) 火星から持ち帰られることになっているサンプルが、承認された滅菌プロセスを経ない限り、火星から持ち帰られるサンプルを収納した容器は、適切な検証プロセスで密封されるものとし、また輸送から、封じ込め下で開封される可能性のある施設で受け入れるまでのすべてのミッション段階で、サンプルは密閉されたままとするものとする。
- c) ミッションおよび宇宙船の設計には、火星との「接触の連鎖を断ち切る」ための方法を提供しなければならない。火星と直接または間接的に接触した、封じ込め措置を適用していない機器は一切地球圏（月を含む）に帰還してはならない。封じ込めシステムへのサンプル容器の投入、火星からの打上げ、およびミッションで必要とされるあらゆる飛行中の移送作業中に、地球圏（月を含む）に帰還する機器を火星環境から隔離しなければならない。
- d) ミッションを継続するためには、次の 3 つの段階で惑星等保護審査部会の審査を受け、安全審査委員会の承認を得る必要がある：
1. 地球からの打上げ前
  2. 地球圏への帰還のために火星を離れる前
  3. 地球への再突入を開始する前（回避可能であること）
- e) 地球に持ち帰られる非殺菌サンプルについては、サンプルのいかなる部分についても、その管理された配布を行うための絶対的な前提条件として、生命検出とバイオハザードテストのプログラム、または効果が証明された滅菌プロセスが実施されること。この結果を惑星等保護審査部会が審査し、安全審査委員会の承認を得るまでは、一切配布してはならない。
- 注：上記の結果として、火星出発後最初の 100 年間、滅菌されていない 10 nm 以上の粒子 1 個が、地球生命圏（月を含む）へ漏洩する確率が  $10^{-6}$  以下とならなければならない（4.2.5項・要求b)の「微生物汚染確率要求」を参照）。
- f) 火星環境に曝露された宇宙機の表面を含む、火星から帰還する物質については、ハザードレベルが特定されるまで、システム安全標準（JMR-001）に規定されるハザードレベル I（破局的）として取り扱うこと。

#### 5.3.2.4. 有人火星ミッションガイドライン

有人火星ミッションについては、まだ特定の要求が設定されていない。有人火星ミッションの一般的な惑星保護実施ガイドラインを別紙 I に示す。

#### 5.3.3. エウロパ、エンケラドス、およびその他の外惑星領域太陽系天体ミッションに対

## する要求

### 5.3.3.1. 外惑星領域の太陽系天体に対する適用性

- a) エウロパ、エンケドラス、ガニメデ、タイタン、トリトン、冥王星、カロン、および冥王星の 1/2 サイズ以上のカイパーベルト天体へのミッションは、5.3.3項における要求を遵守すること。

注：惑星等保護オフィサーは、これらの天体に対する最新かつ適用可能な一連の要求を示すことができる。

### 5.3.3.2. 一般要求

- a) エウロパ、エンケラドスの生物学的探査期間は、1,000 年であると定める。この期間は、21 世紀初めに開始するものとする。エウロパ、エンケラドスへのフライバイ、周回、および着陸に対する要件（バイオバーデンの削減を含む）は、エウロパ、エンケラドスの天体表層下に存在する液状水が偶発的に汚染される確率を各ミッション当たり  $1 \times 10^{-4}$  以下に低減させるために適用されるものとする。エウロパ、エンケラドスの海が不慮に汚染される確率を  $1 \times 10^{-4}$  とする設定は、宇宙船がもたらした地球由来の生命体が生存可能な状態を維持し、天体表層下の液状水環境に達するかもしれない期間を含み、すべてのミッション段階に適用する。
- b) 5.3.3.2a)項で規定される偶発的汚染の発生確率の算出においては、少なくとも以下の因子を考慮し、詳細が明らかになっていない未確定のパラメータに対しては、安全側となる数値を採用すること。
1. 打上時のバイオバーデン総量
  2. 惑星間航行中のバイオバーデン減衰確率（宇宙機に残存する生命体の生存確率）
  3. 各放射線環境におけるバイオバーデン減衰確率
  4. 宇宙機が天体表面へ到達する確率
  5. 天体表層下への物質輸送の機構、およびその時間的尺度
  6. 天体表層下への物質輸送前、輸送中、輸送後のバイオバーデン減衰確率および増殖確率
- c) 偶発的汚染の発生確率算定により、エウロパやエンケラドスの周回ミッション（カテゴリ III）や着陸ミッション（カテゴリ IV）においてもバイオバーデンの削減が必要となる可能性が高く、クリーンルーム技術の使用や組み立て前のすべての部品の清浄化、宇宙機組み立て施設のモニタリングを行い、特定の関連生物を含むバイオバーデンと生物多様性評価を実施することが必要となる。関連生物とは、宇宙船に存在する可能性のある地球上の生物で、宇宙飛行環境や氷結した月での環境に耐え、氷結した衛星の表層下の液状水環境において増殖可能な生物である。問題の種を特定し、列挙し、根絶するために、具体的な方法が開発されなければならない。

### 5.3.3.3. エウロパ・エンケラドスのサンプル帰還ミッションに対する要求

エウロパ・エンケラドスからのサンプル帰還ミッションは、カテゴリ V「制約付き地球帰還（3.1.13項を参照）」に分類される。

- a) 特に免除されない限り、エウロパ、エンケラドスのサンプル帰還ミッションの往路行程には、5.3.2.2.3項に規定されるカテゴリ IVb 要求を適用すること。

注：この規定は、生命検出および危険性判定手順、または、その帰還後にサンプル中の生命の検出において、「誤検知」を回避することを意図する。「誤検知」は、封じ込め下からのサンプルの配布を妨げ、その後のすべてのエウロパ、エンケラドスミッションの要件を不必要に厳格化することにつながり得る。

- b) エウロパ（およびエンケラドス）から持ち帰られることになっているサンプルが、承認された滅菌プロセスを経ない限り、エウロパ（およびエンケラドス）から持ち帰られるサンプルを収納した容器は、適切な検証プロセスで密封されるものとし、また輸送から、封じ込め下で開封される可能性のある施設で受け入れるまでのすべてのミッション段階で、サンプルは密閉されたままとするものとする。
- c) ミッションおよび宇宙船の設計には、エウロパ（およびエンケラドス）との「接触の連鎖を断ち切る」ための方法を提供しなければならない。エウロパ（およびエンケラドス）と直接または間接的に接触した、封じ込め措置を適用していない機器は一切地球圏（月を含む）に帰還してはならない。封じ込めシステムへのサンプル容器の投入、火星からの打上げ、およびミッションで必要とされるあらゆる飛行中の移送作業中に、地球圏（月を含む）に帰還する機器をエウロパ（およびエンケラドス）環境から隔離しなければならない。
- d) ミッションを継続するためには、次の 3 つの段階で惑星等保護審査部会の審査を受け、安全審査委員会の承認を得る必要がある：
1. 地球からの打上げ前
  2. 地球圏への帰還のためにエウロパ（およびエンケラドス）を離れる前
  3. 地球への再突入を開始する前（回避可能であること）
- e) 地球に持ち帰られる非殺菌サンプルについては、サンプルのいかなる部分についても、その管理された配布を行うための絶対的な前提条件として、生命検出とバイオハザードテストのプログラム、または効果が証明された滅菌プロセスが実施されること。この結果を惑星等保護審査部会が審査し、安全審査委員会の承認を得るまでは、一切配布してはならない。
- 注：上記の結果として、エウロパ・エンケラドス出発後最初の 100 年間、滅菌されていない 10 nm 以上の粒子 1 個が、地球生命圏（月を含む）へ漏洩する確率が  $10^{-6}$  以下とならなければならない（4.2.5 項・要求 b) の「微生物汚染確率要求」を参照）。
- f) エウロパ（およびエンケラドス）環境に曝露された宇宙機の表面を含む、エウロパ（およびエンケラドス）から帰還する物質については、ハザードレベルが特定されるまで、システム安全標準（JMR-001）に規定されるハザードレベル I（破局的）として取り扱うこと。

### 5.3.4. 太陽系小天体ミッションに対する要求

#### 5.3.4.1. 一般要求

- a) プロジェクトは、太陽系小天体ミッションに対しては、ケースバイケースによって、惑星保護カテゴリを設定すること。

注：本標準に記載されていない太陽系小天体は非常に多い。小天体ミッションのほとんどは、フォワード汚染についてはカテゴリ I または II に、バックワード汚染についてはカテゴリ V の「a) 制約のない地球帰還（3.1.16 項を参照）」に分類される。

注：プロジェクトによって設定された惑星保護カテゴリは、惑星等保護審査部会によって審査され、安全審査委員会の承認を得た後、COSPAR 惑星保護パネルへ報告され、その妥当性について国際的な合意を形成すること。

- b) 惑星保護カテゴリ V については、以下の 6 つの質問に対する答えがすべて「いいえ」または「わからない」の場合、ミッションは「b) 制約付き地球帰還（3.1.13 項を参照）」に分類し、そうでない（ひとつでも「はい」がある）場合は「a) 制約のない地球帰還（3.1.16

項を参照)」に分類すること。

1. 対象天体の内部または表面に、液体の水が全く存在しなかったことが、科学的証拠によって示されているか?
  2. 代謝的に有用なエネルギー源が全く存在しなかったことが、科学的証拠によって示されているか?
  3. 対象天体の内部または表面に、生命を支えるための十分な有機物（あるいは二酸化炭素または炭酸塩、および還元型化合物の適切な供給源）が全く存在しなかったことが、科学的証拠によって示されているか?
  4. 液体の水の消失に続いて、対象天体が極端な温度（すなわち 160°C 以上）に曝されたことが、科学的証拠によって示されているか?
  5. 地球の生命体を滅菌するのに十分な放射線が存在するか、または過去に存在したことが、科学的証拠によって示されているか?
  6. 対象天体から持ち帰るサンプルと同等の物質が、例えば隕石等を介して、これまで自然に地球に流入していたことが、科学的証拠によって示されているか?
- c) 5.3.4.1b)項に従いミッションが「b) 制約付き地球帰還（3.1.13項を参照）」に分類される場合、5.3.4.2項の制約付き地球帰還ミッションに対する要求を適用すること。

#### 5.3.4.2. 制約付き地球帰還ミッションに対する要求

- a) 特に免除されない限り、制約付き地球帰還（3.1.13項を参照）に分類されるミッションの往路行程には、5.3.2.2.3項に規定されるカテゴリ IVb 要求を適用すること。

注：この規定は、生命検出および危険性判定手順、または、その帰還後にサンプル中の生命の検索において、「誤検知」を回避することを意図する。「誤検知」は、封じ込め下からのサンプルの配布を妨げ、その後のすべての類似する天体を対象とするミッションの要件を不必要に厳格化することにつながり得る。

- b) 対象天体から持ち帰られることになっているサンプルが、承認された滅菌プロセスを経ない限り、対象天体から持ち帰られるサンプルを収納した容器は、適切な検証プロセスで密封されるものとし、また輸送から、封じ込め下で開封される可能性のある施設で受け入れるまでのすべてのミッション段階で、サンプルは密閉されたままとするものとする。
- c) ミッションおよび宇宙船の設計には、対象天体との「接触の連鎖を断ち切る」ための方法を提供しなければならない。対象天体と直接または間接的に接触した、封じ込め措置を適用していない機器は一切地球圏（月を含む）に帰還してはならない。封じ込めシステムへのサンプル容器の投入、対象天体からの打上げ、およびミッションで必要とされるあらゆる飛行中の移送作業中に、地球圏（月を含む）に帰還する機器を対象天体から隔離しなければならない。
- d) ミッションを継続するためには、次の 3 つの段階で惑星等保護審査部会の審査を受け、安全審査委員会の承認を得る必要がある：
1. 地球からの打上げ前
  2. 地球圏への帰還のために対象天体を離れる前
  3. 地球への再突入を開始する前（回避可能であること）
- e) 地球に持ち帰られる非殺菌サンプルについては、サンプルのいかなる部分についても、その管理された配布を行うための絶対的な前提条件として、生命検出とバイオハザードテストのプログラム、または効果が証明された滅菌プロセスが実施されること。この結果を惑星等保護審査部会が審査し、安全審査委員会の承認を得るまでは、一切配布して

はならない。

注：上記の結果として、対象天体出発後最初の100年間、滅菌されていない10 nm以上の粒子1個が、地球生命圏（月を含む）へ漏洩する確率が $10^{-6}$ 以下とならなければならない（4.2.5項・要求b)の「微生物汚染確率要求」を参照）。

- f) 対象天体環境に曝露された宇宙機の表面を含む、対象天体から帰還する物質については、ハザードレベルが特定されるまで、システム安全標準（JMR-001）に規定されるハザードレベルI（破局的）として取り扱うこと。

#### 5.4. 惑星保護手順要求

##### 5.4.1. バイオバーデン管理環境

- a) 宇宙機開発環境のバイオバーデン管理については、クリーンルームの滅菌ハンドブック（JERG-0-057-HB003）を適用すること。

##### 5.4.2. バイオバーデン評価

- a) フライト機器のバイオバーデン評価については、フライト機器及びクリーンルームの微生物検査ハンドブック（JERG-0-057-HB004）の別紙 D.1 および E.1 に記載されている「スワブ検査1（標準スワブ検査）」または「ワイプ検査1（標準ワイプ検査）」手順を用いて実施すること。
- b) 直接検査ができない場合は、表5.4-1の各カテゴリの最悪値を用いてフライト機器のバイオバーデンを算定すること。
- c) フライト機器及びクリーンルームの微生物検査ハンドブック（JERG-0-057-HB004）に記載されていない検査方法を利用する場合は、惑星等保護審査部会長または惑星等保護審査部会長の指定した担当者による審査を実施し、承認を得ること。惑星等保護審査部会長が必要と認める場合には、さらに惑星等保護審査部会によって審査を行い、安全審査委員会の承認を得ること。
- d) フライト機器のバイオバーデン算定に必要なサンプル数については、少なくとも以下の条件を満足するものとし、また惑星等保護審査部会長の合意を得ること：
1. フライト機器の各表面のうち $1\text{ m}^2$ を超えるものについては、 $5\text{ m}^2$ あたり少なくとも1回のワイプによるサンプリングを行うこと。
  2. フライト機器の各表面のうち $0.1\text{ m}^2$ を超え $1\text{ m}^2$ を超えないものについては、少なくとも1回のワイプによるサンプリングを行うこと。
  3. フライト機器の各表面のうち $0.1\text{ m}^2$ を超えないものについては、 $0.02\text{ m}^2$ あたり少なくとも1回のスワブによるサンプリングを実施すること。
  4. フライト機器の各表面のうち $0.02\text{ m}^2$ を超えないものについては、少なくとも1回のスワブによるサンプリングを実施すること。
- e) 表面のバイオバーデンおよびバイオバーデン密度の算定方法については、惑星等保護審査部会長の合意を得ること。
- f) 5.4.4項のバイオバーデン低減手順を適用するに先立って、5.4.2a)項または5.4.2b)項に規定される手順を使用したバイオバーデン評価手続きを確立しておくこと。

##### 5.4.3. バイオダイバーシティ評価（生物多様性評価）

- a) フライト機器およびバイオバーデン管理環境に関するバイオダイバーシティ評価については、フライト機器及びクリーンルームの微生物検査ハンドブック（JERG-0-057-HB004）の別紙に記載されている手順（スワブ検査については D.3～D.6、ワイプ検査については



表 5.4-1：バイオバーデンの算定基準

バイオバーデンの種類	対象となる環境	バイオバーデンの値
包埋（材料内）された芽胞の平均密度	宇宙機の非金属部品	130 芽胞/cm <sup>3</sup>
汚染源が特定されている包埋された芽胞密度	電子部品	3～150 芽胞/cm <sup>3</sup>
	他の非金属材料	1～30 芽胞/cm <sup>3</sup>
汚染源が特定されている密封された表面芽胞密度（例：特定の環境で密封された箱等）	高度な管理下にある ISO Class 8 のクリーンルーム	500～5,000 芽胞/m <sup>2</sup>
	通常の管理下にある ISO Class 8 のクリーンルーム	5,000～10 <sup>5</sup> 芽胞/m <sup>2</sup>
	清浄度管理されていない環境	10 <sup>5</sup> ～10 <sup>6</sup> 芽胞/m <sup>2</sup>
運用中の各 Class のクリーンルームにおける、露出面もしくは接合面（密封を除く）の表面芽胞平均密度	高度な管理下にある ISO Class 7 のクリーンルーム、もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件	50 芽胞/m <sup>2</sup>
	通常の管理下にある ISO Class 7 のクリーンルーム、もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件	500 芽胞/m <sup>2</sup>
	高度な管理下にある ISO Class 8 のクリーンルーム	1,000 芽胞/m <sup>2</sup>
	通常の管理下にある ISO Class 8 のクリーンルーム	10,000 芽胞/m <sup>2</sup>
	清浄度管理されていない環境	10 <sup>5</sup> 芽胞/m <sup>2</sup>
注 1：高度な管理下とは、全身被服、フード、フェイスマスク、手袋、ブーツを導入し、適切な入退室プロトコルによるアクセス管理を行い、専用の清浄度管理（例：HEPA フィルタや専用のクリーニング）を行ってバイオバーデン管理された状態を指す。		
注 2：通常の管理下とは、各クリーンルーム Class に相当する無塵服や装備の使用と、清浄度管理を行っている状態を指す。		

E.3～E.6) を用いて実施すること。

#### 5.4.4. バイオバーデン低減

- a) 乾熱滅菌によるバイオバーデン低減については、フライト機器の滅菌ハンドブック（JERG-0-057-HB002）の規定に従うこと。
- b) 過酸化水素滅菌によるバイオバーデン低減については、フライト機器の滅菌ハンドブック（JERG-0-057-HB002）の規定に従うこと。
- c) その他のバイオバーデン低減手法の使用については、惑星等保護審査部会長または惑星等保護審査部会長の指定した担当者による審査を実施し、承認を得ること。惑星等保護審査部会長が必要と認める場合には、さらに惑星等保護審査部会によって審査を行い、安全審査委員会の承認を得ること。
- d) バイオバーデン低減工程の実施に伴う材料および機器の互換性評価については、滅菌工程に対する材料と部品の互換性試験ハンドブック（JERG-0-057-HB005）の規定に従うこと。

表 5.5-1：惑星保護文書

文書	予備的資料 (ドラフト版)	最終版	審査手順	参照 DRD	
プロジェクト惑星保護 要求書	MDR	SRR	惑星等保護審査 部会で審査の 後、安全審査委 員会で審査	別紙 A	
惑星保護計画書	SRR	PDR		別紙 B	
惑星保護実施計画書	PDR	CDR		別紙 C	
打上前惑星保護報告書	PSR	LRR		別紙 D	
打上後惑星保護報告書		打上後 6 カ月以内	部会長の審査の 後、安全審査委 員会へ報告	別紙 E	
		地球帰還フェー ズ移行前			部会長の審査の 後、安全審査委 員会へ報告。計 画変更の場合、 惑星等保護審査 部会の審査の 後、安全審査委 員会で審査
		大気再突入運用 開始前			
		サンプル開梱前			
延長ミッション惑星保 護報告書	ミッション期 間等の変更時	ミッション 変更審査	惑星等保護審査 部会で審査の 後、安全審査委 員会で審査	別紙 F	
ミッション終了惑星保 護報告書		ミッション終了 後 12 カ月以内	惑星等保護審査 部会で審査の 後、安全審査委 員会へ報告	別紙 G	
有機物目録	CDR	LRR	惑星等保護審査 部会で審査の 後、安全審査委 員会で審査	別紙 H	

### 5.5. 文書化要求

- a) 惑星保護の対象となるプロジェクトにおいては、惑星保護の実施活動について、関連するプロジェクト文書に明記すること。

注：例えば、ミッション要求書、概念検討報告書、調達マネジメント計画書、概念設計報告書、システム要求書、プロジェクト計画書（開発方針およびこれを含む開発計画、実施体制、WBS、リスクの識別および対応計画、前提・制約条件、品質マネジメント計画）、システムズエンジニアリングマネジメント計画書、およびこれらの下位文書である、検証管理文書、組立・インテグレーション・試験計画・検証計画書等。

- b) プロジェクトは、表5.5-1に従い、惑星保護文書を作成すること。

注：表5.5-1は各プロジェクトに応じて惑星等保護審査部会長と合意の上、調整（テールリング）することができる。

- c) 惑星等保護オフィサーは、プロジェクトマネージャと協力し、打上から 6 カ月以内に、またミッション終了後 12 ヶ月以内には惑星保護報告書を作成し、COSPAR 会長および COSPAR 惑星保護パネル議長に提出すること。資料は原則英文とする。

注：COSPAR に提出する JAXA レベルの惑星保護報告書に記載すべき内容は、COSPAR 惑星

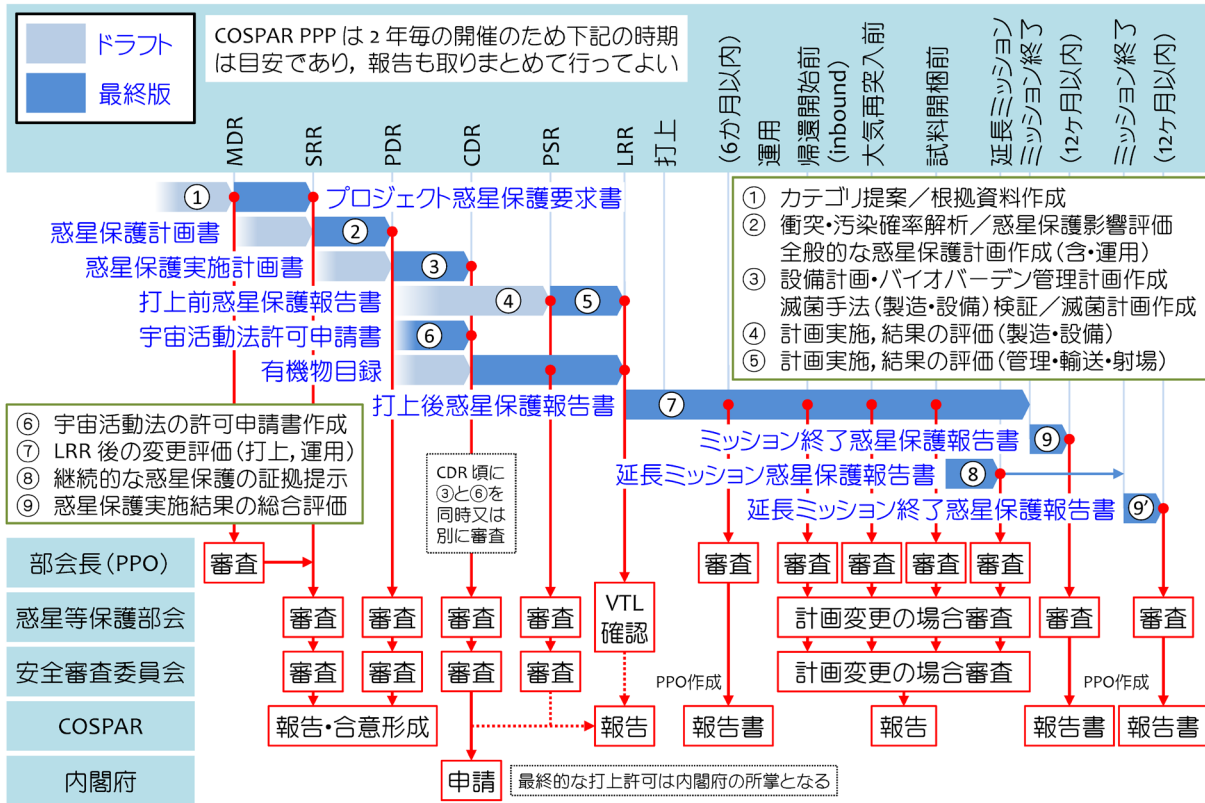


図 5.5-1：惑星保護文書と審査手続き

保護方針に記述されている（参考文献[1]参照）。

注：上記の惑星保護報告書に加えて、惑星等保護オフィサーが必要と認める場合には、惑星等保護オフィサーは、プロジェクトの各惑星保護審査の結果を COSPAR へ報告することができる。

5.6. 審査要求

- a) 惑星保護実施活動、および表5.5-1において適用される惑星保護文書は、分析の結論を裏付けるすべての文書を含め、図5.5-1に示す通り、JAXA の定める審査会やプロジェクトの審査会において、惑星等保護審査部会長の参加の下、審査されること。

注：惑星等保護審査部会長、惑星等保護審査部会長の指定した担当者、または惑星等保護審査部会は、プロジェクト審査の過程にて文書を審査する。プロジェクト惑星保護要求書、惑星保護計画書、および打上前惑星保護報告書については、惑星等保護審査部会が審査を行い、審査結果を安全審査委員会に報告して承認を得る。

注：プロジェクトマネージャおよび惑星等保護審査部会長の要請と合意があれば、追加の審査会を設けることができる。

- b) 惑星等保護審査部会長またはその代理人は、惑星保護制約のあるプロジェクトにおいて、打上前に惑星保護要求に対する履行状況を審査するために、LRR へ参加すること。当該審査では、特に安全検証追跡ログ（VTL）の確認を行うこと。

c) 帰還ミッション（3.1.20項を参照）では、帰還フェーズの異なる段階への移行を認可するために、以下の時点に先立って、惑星等保護審査部会長または惑星等保護審査部会長の指定した担当者によって、惑星保護審査を実施しなければならない。これらの審査では、打上げ後惑星保護審査以降に更新された打上後惑星保護報告書（別紙 E）についての審査を行い、惑星等保護審査部会長の承認後、安全・信頼性推進部長の承認を得ること。惑星保護計画の変更あるいは不適合が発生していると認められる場合には、さらに惑星等保護審査部会によって審査を行い、安全審査委員会の承認を得ること。

1. 地球へ帰還に向けて、対象天体を脱出する時点
2. 大気再突入運用を開始する時点
3. 試料を開梱する時点

注 1：これらの審査の目的は、ミッションが、惑星保護要求全般、特に地球の安全を持続的に満足していることを実証することである。

注 2：惑星保護審査は、通常のプロジェクト審査の一環である。

d) 5.6c)項に定める審査に適用する文書化要求は、プロジェクトマネージャと惑星等保護審査部会長が協力して策定すること。

#### 5.7. 不適合およびウェーバ

- a) 不適合に対する処分の決定は、品質保証プログラム標準（JMR-005）、または品質保証プログラム標準（基本要求 JIS Q 9100）（JMR-013）の不具合管理の要求を適用すること。
- b) 不適合に対する処分の決定においては、要求に適合しない処分の採用に先立ち、コンフィギュレーション管理標準（JMR-006）に従って、ウェーバ申請を実施すること。
- c) 惑星保護要求に関連するウェーバの承認については、惑星等保護審査部会長の承認を得ること。
- d) システムレベルの惑星保護要求に影響を及ぼすウェーバの承認については、惑星等保護審査部会の承認後、安全・信頼性推進部長の承認を得ること。
- e) JAXA プログラムにおける惑星保護要求に対するウェーバの承認については、特に安全審査委員会の承認を得ること。

## 別紙 A. (適用) プロジェクト惑星保護要求書—DRD

### A.1. DRD の識別

#### A.1.1. 要求の識別および根拠文書

この DRD は、本標準の5.1a)項および5.5b)項の要求による。

#### A.1.2. 目的および目標

プロジェクト惑星保護要求書の目的は、個々のプロジェクトに対して調整（テーラリング）され、製造・運用業者等の契約に対して適用される惑星保護要求を示すことである。

### A.2. 期待する対応

#### A.2.1. 内容

- a) プロジェクト惑星保護要求文書は、少なくとも以下の項目を含むこと。
1. ミッションの記述
    - (a) 科学的目的、宇宙機システムの概要、およびペイロードの説明
    - (b) ミッションの形態（例：フライバイ、周回、着陸、地球帰還）
    - (c) 各ミッションフェーズの説明
    - (d) 打上げ機（ロケット）および射場の説明
    - (e) 目標とする太陽系天体、および会合する太陽系天体の識別
    - (f) 原子力熱源および原子力電源の識別と、これらの運用計画
    - (g) エアロブレーキおよびエアロキャプチャ軌道制御の識別と運用計画
    - (h) 大気圏突入、降下、および着陸フェーズの説明
    - (i) 目標とする着陸点および期待される着地点精度の説明
    - (j) 打上げた全てのフライト機器の最終的な処置に関する計画
    - (k) 国際協力の内容
  2. 惑星保護カテゴリ
  3. 惑星保護管理要求
  4. 惑星保護技術要求
  5. 惑星保護手順要求
  6. 惑星保護文書要求
  7. 惑星保護審査要求
  8. 不適合およびウエーバ

#### A.2.2. 特記事項

- a) A.2.1a)の1項（ミッションの記述）は、別のプロジェクト文書への参照でも可とする。

## 別紙 B. (適用) 惑星保護計画書—DRD

### B.1. DRD の識別

#### B.1.1. 要求の識別および根拠文書

この DRD は、本標準の5.5b)項の要求による。

#### B.1.2. 目的および目標

惑星保護計画書は、プロジェクトが惑星保護要求をどのように満たしているかを記述する主要な計画書である。惑星保護計画書には、惑星保護の適用を受けるシステム構成のサブシステムレベルに至るまで、これに関係するフライト機器の提供者、打上げサービスの提供者、および国際パートナーを含む、関連するすべての関係者が実施する作業の、すべてのミッション工程に渡る統合計画を記述する。

### B.2. 期待する対応

#### B.2.1. 内容

a) 惑星保護計画書は以下の項目を含むこと。

1. ミッションの記述。
2. プロジェクト惑星保護要求への対応が、設計、開発、スケジュール、および運用に与える影響の評価。
3. 全般的な惑星保護実施方法。
  - (a) 惑星保護管理方法および実施体制。
  - (b) 輸送や打上時の再汚染を含む、すべての主要なフライト機器構成品に対する清浄度管理およびバイオバーデン管理法の説明。
  - (c) すべての主要なフライト機器構成品に対して、バイオバーデン許容量をどのように割り当てるか、に関する説明。ただし、個々の配分についてマージンと不確かさを明確に識別すること。
  - (d) 本標準5.2.3項の要求に準拠した衝突確率解析の説明。ただし、以下の内容を含むこと。
    - (1) プロジェクト惑星保護要求書（別紙 A）において識別されている対象天体に対する打上げ機および宇宙機の要素の衝突解析。ただし、選択した解析手法が当該ミッションに対して適用可能である根拠を示すための分析結果を付記すること。
    - (2) 衝突確率解析が不可能であるか選択されない場合、破壊／熔融解析および全般的な大気突入時の空力加熱解析。ただし、選択する手法が当該ミッションに対して適用可能である根拠を示すこと。空力加熱等による乾熱滅菌を根拠とする場合、500°C以上で0.5秒以上の環境に曝されること。
  - (e) 本標準5.2.4項の要求に準拠した汚染確率解析。
  - (f) 本標準5.4項の要求に準拠して、プロジェクトで実施する惑星保護手順の説明。
  - (g) 本標準5.7項の要求に準拠して、本標準に記載されていない方法、手順、または数値を使用するために計画している要請の説明。
4. 本標準5.5項および5.6項の要求に準拠した、惑星保護文書作成計画および審査計画。
5. プロジェクトスケジュールにおける惑星保護作業および主要なマイルストンの識別。
6. プロジェクト惑星保護要求に対するコンプライアンス・マトリクス（適合状況表）。
7. 計画している不適合またはウェーバに与える重大な影響の分析と結論。
8. プロジェクト惑星保護要求に対する検証マトリクス。

**B.2.2. 特記事項**

- a) B.2.1a)の1項は、別のプロジェクト文書への参照でも可とする。
- b) B.2.1a)の2項は、詳細な説明については他のプロジェクト文書を参照し、影響を要約したもので可とする。
- c) B.2.1a)の6項および8項は、プロジェクトレベルのコンプライアンス・マトリクスおよび検証マトリクスに含めても良い。

## 別紙 C. (適用) 惑星保護実施計画書－DRD

### C.1. DRD の識別

#### C.1.1. 要求の識別および根拠文書

この DRD は、本標準の5.5b)項の要求による。

#### C.1.2. 目的および目標

惑星保護実施計画書の目的は、惑星保護計画書に従って実施する惑星保護要求の詳細な履行（例：分析、手順および活動）に関して、すべての関連情報を提供することである。

### C.2. 期待する対応

#### C.2.1. 内容

a) 惑星保護実施計画書は以下の項目を含むこと。ただしカテゴリに応じて不要となる項目は割愛することができる。

1. フライトシステムの説明。
  - (a) 機器の説明。
    - (1) 搭載機器を含む、システムおよびサブシステムの説明。
    - (2) 惑星保護の説明と、サブシステム名称の対応関係。
  - (b) 惑星保護に対応すべき露出面の定義、およびその面積。
  - (c) 実施される予定のミッションの惑星保護作業。ただし以下のデータについて記述すること。
    - (1) 本標準5.2.3項の要求に準拠した衝突確率解析。
    - (2) 本標準5.2.4項の要求に準拠した汚染確率解析。
    - (3) 本標準5.3.2.2.2c)項の要求に準拠した宇宙機起因の特別領域に係る分析
    - (4) 着陸地点の選択
    - (5) 本標準5.2.5項の要求に準拠した有機物目録（別紙 H）の草案。
2. 設備の説明。
  - (a) 形式体系。
    - (1) リスク評価。
    - (2) アラート・アクションレベル。
    - (3) 管理方法。
  - (b) 試運転。
  - (c) 運用。
3. フライトシステムに対するバイオバーデン管理計画。
  - (a) バイオバーデン割り当て（バイオバーデン許容量を各機器・部分にどのように割り当てるか、に関する説明）。
    - (1) 露出面におけるバイオバーデン割り当て。
    - (2) 全バイオバーデン割り当て。
    - (3) 例外となる機器。
  - (b) サンプルング／検査計画。
    - (1) 露出面のうちサンプル採取を行う面積の割合。
    - (2) サンプル取得回数。
    - (3) サンプル取得場所の選定。
    - (4) サンプル取得スケジュール。
  - (c) 検査結果の統計処理
    - (1) 合計バイオバーデン数が 2 個以上の場合。
    - (2) 合計バイオバーデン数が 0 個または 1 個の場合。



- (3) バルク検査を処理する場合。
  - (4) バイオバーデン密度の標準偏差の基準。
  - (5) 検査結果の受け入れガイドライン。
- 注： 本項目の記述においては、フライト機器及びクリーンルームの微生物検査ハンドブック（JERG-0-057-HB004）別紙 H の例が参考となる。
- (d) 本標準5.4.1項および5.4.2項の要求に準拠したバイオバーデン評価
    - (1) 検査データからフライト機器の表面バイオバーデン密度とバイオバーデン数を算定する手順
    - (2) 検査データを用いないでフライト機器の表面バイオバーデン密度とバイオバーデン数を算定する手順
    - (3) バイオバーデン低減を適用する場合のフライト機器の表面バイオバーデン密度とバイオバーデン数の見込み
    - (4) 検査データからフライト機器の包埋バイオバーデン密度とバイオバーデン数を算定する手順
    - (5) 検査データを用いないでフライト機器の包埋バイオバーデン密度とバイオバーデン数を算定する手順
  - (e) 本標準5.4.3項の要求に準拠したバイオダイバーシティ評価
4. 本標準5.4.4項の要求に準拠したフライト機器のバイオバーデン低減計画
- (a) バイオバーデン低減プロセスの対象となる宇宙機機器の一覧
  - (b) プロセス分析
  - (c) プロセスの管理と検証計画
  - (d) 再汚染を防止する方法
  - (e) 再汚染が発生した場合の処置
5. フライトシステムに対する全般的な実施方法。
- (a) 組み立て・インテグレーション・試験および射場作業に先行した作業。
    - (1) 機器製造場所における全般的な方法
    - (2) プライム／サブコントラクター／装置製造業者の作業場所における全般的な方法
  - (b) 組み立て・インテグレーション・試験および射場作業。
    - (1) 受け入れ基準
    - (2) プライム／サブコントラクター／装置製造業者の作業場所における全般的な方法
    - (3) 試験場所における全般的な方法
    - (4) 射場における全般的な方法
  - (c) 打上げ機フェアリング内側面，打上げ機の空調，および衛星整備棟の空調の管理方法。
  - (d) ロケットの上段ステージおよび推進モジュール（キックモータ）。
6. 想定済みのウェーバ／不適合報告リストの更新と，これに伴う影響分析。

### C.2.2. 特記事項

なし。

## 別紙 D. (適用) 打上前惑星保護報告書－DRD

### D.1. DRD の識別

#### D.1.1. 要求の識別および根拠文書

この DRD は、本標準の5.5b)項の要求による。

#### D.1.2. 目的および目標

打上前惑星保護報告書の目的は、フライト機器が射場へ発送される前に、プロジェクトが惑星保護要求に適合していること、特に定期的な検査と検証検査の結果に基づいて、各機器や部分に割り当てられたバイオバーデン許容量が満足されていることを、明示することである。

### D.2. 期待する対応

#### D.2.1. 内容

a) 打上前惑星保護報告書は以下の項目を含むこと。

1. 惑星保護要求および計画からの逸脱。
2. 惑星保護実施計画からの逸脱。
3. 製品ツリー全体に対するバイオバーデン検査の生データおよび処理データを含む、汚染管理における測定結果。
4. 本標準5.2.3項の要求に準拠した衝突確率解析の更新。
5. 本標準5.2.4項の要求に準拠した汚染確率解析の更新。
6. 本標準5.2.5項の要求に準拠した有機物目録（別紙 H）。
7. 結論。

#### D.2.2. 特記事項

なし。

## 別紙 E. (適用) 打上後惑星保護報告書－DRD

### E.1. DRD の識別

#### E.1.1. 要求の識別および根拠文書

この DRD は、本標準の5.5b)項の要求による。

#### E.1.2. 目的および目標

打上後惑星保護報告書の目的は、打上前惑星保護報告書の提出後に発生した事象の影響について説明することである。

### E.2. 期待する対応

#### E.2.1. 内容

a) 打上後惑星保護報告書は以下の項目を含むこと。

1. バイオバーデン管理に影響を及ぼす地上作業。
2. 最終検証検査の結果。
3. バイオバーデン管理に影響を及ぼす打上げに関連した事象。
4. 軌道上での展開や試運転の範囲までの打上げ後の事象の影響。
5. 結論。

#### E.2.2. 特記事項

なし。

## 別紙 F. (適用) 延長ミッション惑星保護報告書—DRD

### F.1. DRD の識別

#### F.1.1. 要求の識別および根拠文書

この DRD は、本標準の5.5b)項の要求による。

#### F.1.2. 目的および目標

延長ミッション惑星保護報告書の目的は、延長ミッションフェーズにおいて識別されている活動を考慮の上、惑星保護要求を持続的に遵守していることを明示する証拠を提供することである。

### F.2. 期待する対応

#### F.2.1. 内容

- a) 延長ミッション惑星保護報告書は以下の項目を含むこと。
1. 惑星保護要求および計画からの逸脱。
  2. 惑星保護実施計画からの逸脱。
  3. 本標準5.2.3項の要求に準拠した衝突確率解析の更新。
  4. 本標準5.2.4項の要求に準拠した汚染確率解析の更新。
  5. 結論。

#### F.2.2. 特記事項

なし。

## 別紙 G. (適用) ミッション終了惑星保護報告書—DRD

### G.1. DRD の識別

#### G.1.1. 要求の識別および根拠文書

この DRD は、本標準の5.5b)項の要求による。

#### G.1.2. 目的および目標

ミッション終了惑星保護報告書の目的は、プロジェクトが全ミッション期間を通してどの程度惑星保護要求を遵守したか、について説明することである。

### G.2. 期待する対応

#### G.2.1. 内容

a) ミッション終了惑星保護報告書は以下の項目を含むこと。

1. 打上げ機の上段ステージを含む全ての打上げたフライト機器の最終的な処置とその状況。宇宙空間に存在するフライト機器の構成要素はその軌道要素を示し、対象天体に着陸／衝突した要素については着地点の位置を示すこと。
2. 惑星保護要求および計画からの逸脱。
3. 惑星保護実施計画からの逸脱。
4. 本標準5.2.3項の要求に準拠した衝突確率解析の更新。
5. 本標準5.2.4項の要求に準拠した汚染確率解析の更新。
6. 結論。

#### G.2.2. 特記事項

なし。

## 別紙 H. (適用) 有機物目録－DRD

### H.1. DRD の識別

#### H.1.1. 要求の識別および根拠文書

この DRD は、本標準の5.2.5項の要求による。

#### H.1.2. 目的および目標

有機物目録の目的は、宇宙機が有する有機物を文書化することである。

### H.2. 期待する対応

#### H.2.1. 内容

- a) 有機物目録は、規定の上限値を上回る有機物それぞれについて、以下の項目を含むこと。
1. 識別名。
  2. 化学組成。
  3. 製品ツリーの中における位置付け・使用形態。
  4. 質量。
  5. コンタミネーション管理標準（JMR-010）に準拠したアウトガスの評価値およびその根拠となる参照資料。
  6. 製造業者。
- b) 月着陸ミッションに対しては、推進システムおよび生命維持システムを使用する場合、これらのシステムから月環境へ排出される有機生成物について、以下の内容を含め記載すること。
1. 主要な化学物質の定量的および定性的な説明
  2. 微量な化学物質およびその量の提示

#### H.2.2. 特記事項

なし。

## 別紙 I. (参考) 有人火星ミッションガイドライン

火星へのミッションがロボットにより実行されるか、人間によって実行されるかに係わらず、惑星保護方針の意図は同一である。従って、惑星保護の目標は、火星への有人ミッションに合わせて緩和されるべきでない。むしろ具体的な実施要件が異なっても、あらゆるミッションにより直接関連するような内容である。一般原則は以下の通りである：

- 火星探査における惑星保護の最優先事項は、潜在的なバックワード汚染から地球を守ることである。
- 人間に関連した汚染を管理・理解できるようになってはじめて、人間が火星における宇宙生物学的探査に寄与できる。
- 地表活動を行う着陸ミッションでは、人間が関連するすべて過程やミッション運用が完全に閉じたシステムの中で行われることは不可能である。
- 火星を探査する乗組員や支援システムは、必然的に火星の物質に曝露される。

これらの原則に従って、火星有人ミッションのための具体的な実施ガイドラインは以下のとおりである：

- 有人ミッションでは、様々な種類および量の微生物群を搭載することとなる。許容可能な微生物群および打上時のコンタミネーションリスクのすべてについて規定することは現実的ではない。打上のベースライン条件が定められ、それに適合した時点で、フォワードおよびバックワード汚染の問題に対応するため、有人ミッションによって運ばれる微生物の継続的なモニタリングおよび評価手法が必要となる。
- 火星の生命体と接触が起こる可能性に備え、ミッション中およびミッション後の全クルーおよび個々のクルーを隔離する機能を有すること。
- 有人ミッションにおけるフォワードおよびバックワード汚染に対応する包括的な惑星保護プロトコルを策定すること。そのプロトコルには、表面下探査、サンプルの取り扱い、並びにサンプルおよびクルーの地球への帰還における有人探査と無人探査の協調運用を含むこと。
- 無人探査および有人探査とも、火星の特別領域（3.1.23項を参照）を汚染しないこと。
- 有人探査の前には無人探査により事前調査を行うこと。事前調査は、事前の無人探査ミッションでもよいし、有人ミッションの中での事前の無人探査ミッションによる調査でもよい。
- 火星における未知の場所または特別領域から採取された未処理のサンプル又はサンプリング機器は、最新の惑星保護カテゴリ V「制約付き地球帰還（3.1.13項を参照）」に基づく適切な取り扱いおよび試験プロトコルに従って処理すること。
- ミッション中の乗組員に影響を与える惑星保護の実施に対しては、有人ミッションの乗組員が第一義的責任を負うこと。
- 初期の有人ミッションにおける惑星保護要求は、火星環境、生命の可能性に関する知識が不十分であることを考慮して、クルー支援システムと同様に、より安全側のアプローチを取ること。後続するミッションにおける惑星保護要求は、科学的審査、正当性、および合意がなければ、緩和しないこと。

## 別紙 J. (参考) カテゴリ選定フローチャート・カテゴリ別惑星保護要求一覧表

各ミッションがどの惑星保護カテゴリに適合するかを判断するに当たっては、図J-1に示すフローチャートが利用できる。また、各カテゴリの対象天体と惑星保護要求の概要を確認するに当たっては、表J-1が利用できる。ただし、下記の点に留意すること。

- a) 惑星保護カテゴリは、最新の科学成果に基づいて、科学知見の増進とともに随時改訂され得る。本チャートは 2022 年 2 月現在のものである。
- b) ここに記載のない天体、あるいは小天体はどんなスペクトル型であっても、カテゴリ V の場合は「ケースバイケース」で地球帰還制約の有無が判断される。
- c) P, D 型小天体は、現時点では「科学的知見が乏しいため」制約付き地球帰還（3.1.13項を参照）を default とし、その上で上記 b 項の判断が各ミッションに適用される。
- d) 軌道到達や地上到達の条件は、ノミナルケースだけでなく、オフノミナルケースも含む。すなわち、ノミナル計画では当該天体の軌道（地上）へ到達しないが、不具合等によって軌道（地上）へ到達する可能性のある場合は、軌道到達（地上到達）するものとして取り扱う。
- e) 地球の月は地球一月系の一部であると考え、帰還制約の対象は地球だけでなく月を含む。
- f) オーシャンワールド（エウロパ、エンケラドス等）への往路・復路の規定は、2018 年 11 月現在進行中の PPOSS 活動等を通じて数年以内に改訂される予定であり、現状は暫定的である。
- g) 火星表面では、生命探査を目的とする観測装置を搭載しているか否か、特別領域（3.1.23 項を参照）へアクセスするか否かで、カテゴリ IV がさらに細分化される。
- h) 複数の天体の軌道に到達する場合は、該当するすべての基準を適用する。

表 J-1：惑星保護カテゴリと惑星保護要求の概要。

カテゴリ	対象ミッション	対象天体	惑星保護要求
I	化学進化の過程や生命の起源に関して、科学的観点からは重要でないと考えられる天体への、すべての形態のミッション	S 型小惑星、イオ、水星	なし
II	化学進化の過程や生命の起源に関して、科学的観点からは重要性が高いが、科学的意見によれば、宇宙機による汚染が将来の調査に悪影響を及ぼす恐れのないほとんどの天体への、すべての形態のミッション	(II-1) 金星、彗星、小惑星 (P 型, D 型, C 型), 木星, 木星の衛星 (イオ, エウロパ, ガニメデを除く), 土星, 土星の衛星 (タイタン, エンケラドスを除く), 天王星, 天王星の衛星, 海王星, 海王星の衛星 (トリトンを除く), 冥王星の 1/2 サイズ以下のカイパーベルト天体	惑星保護文書要求をテーラリングした簡易な文書作成。
		(II-2) 月 II: 月周回およびフライバイミッション IIa: 着陸ミッションのうち IIb でないもの IIb: 永久陰領域や極域への着陸ミッション	(II-1)に加えて有機物目録(ただし II では不要であり, IIa では推進系から放出される有機生成物のみが対象となる)
		(II-3) ガニメデ, タイタン, トリトン, 冥王星と衛星カロン, 冥王星の 1/2 サイズ以上のカイパーベルト天体	(II-1)に加えて汚染確率解析
III	保護される太陽系天体へのフライバイおよび周回ミッション	火星, エウロパ, エンケラドス	惑星保護文書要求に準拠した文書作成, 有機物目録, 衝突確率解析, 汚染確率解析
IV	保護される太陽系天体への地表ミッション		惑星保護文書要求に準拠した文書・有機物目録作成, 有機物サンプル保管, 材料・部品・組立品・設備に対する滅菌・バイオバーデン管理
V	天体由来の生命体が存在しないと考えられる太陽系天体からの地球帰還 (制約のない地球帰還: Unrestricted Earth Return)	金星, 月, 小天体 (B 型, C 型, S 型), イオ, 水星, ただし小天体については都度判断	往路行程のカテゴリに対応した惑星保護要求のみ
	上記以外の地球帰還 (制約付き地球帰還: Restricted Earth Return)	火星, エウロパ, エンケラドス, 左記以外は都度判断	滅菌および検証。検証ができない場合は完全な封じ込め



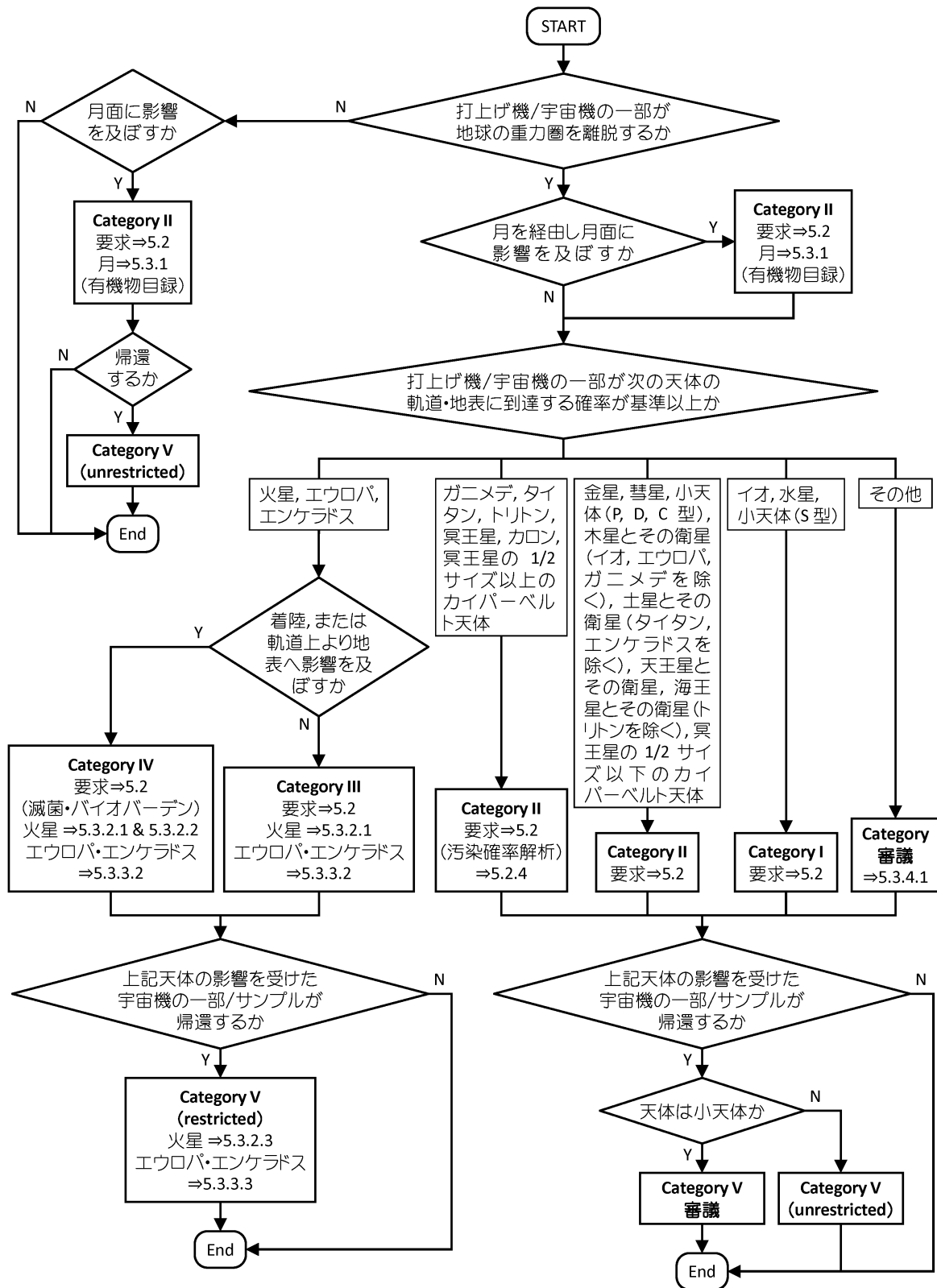


図 J-1 : ミッションカテゴリフローチャート (2022 年 2 月現在).

## 別紙 K. (参考) カテゴリ別タスク例

### K.1. カテゴリ I および II のタスク例

カテゴリ II (カテゴリ I も同様) のタスク例として, C 型 NEO・リュウグウ探査 (※Hayabusa2 プロジェクトの往路に該当) の惑星保護実施例を以下に示す。

#### K.1.1. プロジェクト惑星保護要求の確認

Hayabusa2 プロジェクトの往路はカテゴリ II に相当する。識別されたプロジェクト惑星保護要求は下記の通りである。

- a) 打上げ機の上段ステージ等, 常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルーム, もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件下では組み立てられていない, あるいは保管されていない, 宇宙機のあらゆる構成要素に対して, その火星への衝突確率は, 打上げから 50 年間に渡り  $1 \times 10^{-4}$  以下であること (5.2.3b) 項を参照)。
- b) 常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルーム, もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件下で組み立て・保管されている宇宙機のあらゆる構成要素に対して, その火星への衝突確率は, 打上げから 20 年間に渡り  $1 \times 10^{-2}$  以下であること。さらに打上げより 20 年後から 50 年後までの間は  $5 \times 10^{-2}$  以下であること (5.2.3c) 項を参照)。

#### K.1.2. タスク内容

K.1 項のプロジェクト惑星保護要求に対するタスクは, 衝突確率解析と文書化である (参考文献[5])。衝突確率解析の例を下記に示す (詳細は JERG-0-057-HB001 を参照)。

##### K.1.2.1. プロジェクト惑星保護要求 a への対応例

- a) 以下の項目を含めたモンテカルロ法による軌道解析を実施し, 99 % の信頼度を達成する。
  1. 打上げウィンドウにおける軌道候補すべてにおいて軌道解析を実施する。
  2. モンテカルロ法による試行計算数は, 検出される衝突数に応じて調整する。
- b) 解析に含むべき因子。
  1. 太陽, 地球, 月, 金星, 水星, 木星, 土星による重力摂動。
  2. 非制御姿勢における太陽輻射圧 (SRP)。
  3. 宇宙機放出後に上段のマヌーバがある場合は, 本マヌーバの信頼性を全体の解析に含まなければならない。

##### K.1.2.2. プロジェクト惑星保護要求 b への対応例

- a) 地球から目標小天体への巡航中における宇宙機の衝突確率解析を, 以下の項目を含めて実施する。
  1. ノミナルとオフノミナルのフライト条件の双方において実施し, 放出されるモジュールも含め, 宇宙機の軌道を解析する。
  2. モンテカルロ法により 99% の信頼度を達成する。
  3. ロケットの分散マトリックスをインプットとする。
  4. 太陽, 地球, 月, 金星, 水星, 木星, 土星による重力摂動を考慮する。
  5. 制御・非制御姿勢における太陽輻射圧 (SRP) を考慮する。
- b) 衝突確率が規定値を上回る場合は, 以下の項目を考慮して宇宙機の故障確率等を解析し, 軌道解析に反映する。
  1. 宇宙機を制御するために必要な搭載機器の信頼性および運用の信頼性を反映する。
  2. メテオロイドの衝突の影響を反映する。
  3. 宇宙機の故障確率を衝突軌道確率に反映する。

### K.1.3. スケジュール例

カテゴリ II における惑星保護スケジュールの一例を、Hayabusa2 を例に、表K-1に示す。

表 K-1：カテゴリ II における惑星保護スケジュール例（Hayabusa2）。

日程 (打上日基準)	項目	承認/審査	概要・参照
約 6 年前	● プロジェクト惑星保護要求書（草稿版）	MDR	別紙 A
約 5 年前	● プロジェクト惑星保護要求書（最終版） ● 惑星保護計画書（草稿版）	SRR	別紙 A 別紙 B
約 5 年前	● プロジェクト移行	プロジェクト移行審査	
PDR まで	● 衝突確率解析 ● 汚染確率解析		本標準5.2.3項, 5.2.4項, JERG-0-057-HB001
約 4 年前	● 惑星保護計画書（最終版）	PDR	別紙 B
約 3 年前	NAC/PPS へカテゴリ提案の報告*	NAC/PPS	往路カテゴリ II, 復路カテゴリ V a) (注: NASA との共同ミッションのため本項目を実施)
約 3 年前	COSPAR コロキウムにおいて JAXA よりカテゴリ提案を行う審査会を実施*	COSPAR 惑星保護パネル	往路カテゴリ II, 復路カテゴリ V a) 提案
約 2 年半前	COSPAR 総会にて惑星保護要求の承認*	COSPAR 惑星保護パネル	往路カテゴリ II, 復路カテゴリ V a) 確定
約 8 ヶ月前	NAC/PPS へ報告*	NAC/PPS	衝突確率解析および実施計画を報告 (注: NASA との共同ミッションのため本項目を実施)
約 4 ヶ月前	COSPAR にて惑星保護計画の報告	COSPAR 惑星保護パネル	衝突確率解析および実施計画を報告
約 1 週間	● 打上前惑星保護報告書(最終版)	LRR	別紙 D
打上日	打上		
打上後 6 ヶ月以内	● 打上後惑星保護報告書(最終版)	打上後 6 ヶ月以内	別紙 E
ミッション終了まで COSPAR 総会 (2 年毎)	COSPAR 総会にて惑星保護の実績報告（打上前/打上後惑星保護報告書, 延長ミッション惑星保護報告書, ミッション終了惑星保護報告書等を利用）	COSPAR 惑星保護パネル	惑星保護の実績報告
延長ミッション開始まで	● 延長ミッション惑星保護報告書（最終版）	ミッション延長審査	別紙 F
ミッション終了後 6 ヶ月以内	● ミッション終了惑星保護報告書（最終版）	ミッション終了後 6 ヶ月以内	別紙 G

\*惑星等オフィサーを定めた現在では、これらのプロセスは、惑星等保護オフィサーによる調整、惑星等保護審査部会による審査、審査結果の報告をもって代える。

## K.2. カテゴリ III のタスク例

カテゴリ III のタスク例として、ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO) の惑星保護実施例を以下に示す (参考文献[6])。

### K.2.1. プロジェクト惑星保護要求の確認

カテゴリ III に分類される本例において、識別されたプロジェクト惑星保護要求は下記の通りである。

- a) 打上げ機の上段ステージ等、常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルーム、もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件下では組み立てられていない、あるいは保管されていない、宇宙機のあらゆる構成要素に対して、その火星への衝突確率は、打上げから 50 年間に渡り  $1 \times 10^{-4}$  以下であること (5.2.3b) 項を参照)。
- b) 以下の条件のうちいずれかを満足しなければならない (5.2.3c) 項を参照) :
  1. 常時運転中の ISO Class 8 のクリーンルーム、もしくはそれ以上の空気清浄度を有する管理された条件下で組み立て・保管されている宇宙機のあらゆる構成要素に対して、その火星への衝突確率は、打上げから 20 年間に渡り  $1 \times 10^{-2}$  以下であること。さらに打上げより 20 年後から 50 年後までの間は  $5 \times 10^{-2}$  以下であること。
  2. 表面、接合面、および包埋されたものを含む、宇宙機全体のバイオバーデンは、芽胞  $5 \times 10^5$  個以下であること。

### K.2.2. タスク内容

ここでは、K.2.1b) 項の条件のうち、1 を満足するタスク例を示す。この場合、K.2.1 項のプロジェクト惑星保護要求に対するタスクは、衝突確率解析と文書化である (参考文献[6])。衝突確率解析の例を下記に示す (詳細は JERG-0-057-HB001 を参照すること)。

#### K.2.2.1. プロジェクト惑星保護要求 a への対応例 (TGO の一例)

- a) 以下の項目を含めたモンテカルロ法による軌道解析を実施し、99 % の信頼度を達成する。
  1. 打上げウィンドウにおける軌道候補すべてにおいて軌道解析を実施する。
  2. モンテカルロ法による試行計算数は、検出される衝突数に応じて調整する。
- b) 解析に含むべき因子
  1. 地球・火星の重力ポテンシャルおよび第三天体 (太陽、月、木星、土星) による重力摂動。
  2. 非制御姿勢における太陽輻射圧 (SRP)。
  3. 進行方向に対する推力排出、全方向に対する脱ガス。
  4. 宇宙機放出後に上段のマヌーバがある場合は、本マヌーバの信頼性を全体の解析に含まなければならない。

#### K.2.2.2. プロジェクト惑星保護要求 b.1 への対応例 (TGO の一例)

- a) 最終的な科学観測用の周回軌道の安定性解析を、以下の項目を含めて実施し、50 年以上安定であることを明示する。
  1. 太陽周期活動等による大気変動に伴う軌道の数値伝搬。
  2. 適切な弾道係数と大気モデルから得られる適切なパラメータの評価。
- b) 深宇宙マヌーバ (DSM) 前の宇宙機の衝突確率解析を、以下の項目を含めて実施し、50 年以上衝突しないことを明示する。
  1. モンテカルロ法等により統計的に衝突確率要求が満足されることを示す。
  2. ロケットの分散マトリックスをインプットとして使用する。

3. 地球・火星の重力ポテンシャルおよび第三天体（太陽，月，木星，土星）による重力摂動を考慮する。
  4. 非制御姿勢における太陽輻射圧（SRP）を考慮する。
- c) DSM から最終周回軌道に到達する間の周回対象天体に対する衝突確率解析を，以下の項目を含めて実施する（あくまで TGO の一例であるため，詳細は JERG-0-057-HB001 を参照すること）。
1. （保守側として）DSM 後にそのまま弾道飛行してしまった場合の軌道衝突確率を 1 と想定する。
  2. 宇宙機を制御するために必要な搭載機器の信頼性および運用の信頼性を反映する（ $P_{HW, fail}$ ）。
  3. 火星エアブレーキ・フェーズにおける大気変動を反映する（保守側としてリカバリの可能性は無視する）（ $P_{OP, fail}$ ）。
  4. メテオロイドの衝突とその影響を反映する（K.2.2.2d)項を参照）（ $P_{met, fail}$ ）。
- $$\text{衝突確率} = P_{HW, fail} + P_{OP, fail} + P_{met, fail} \leq 1 \%$$
- d) 以下の項目を考慮してメテオロイドモデルを定義する。
1. メテオロイドフラックス（単位時間・単位体積当りの粒子数）モデルの選定（例：Grun モデル）。
  2. 速度分布（例：20 km/s）。
  3. メテオロイド密度（例：2.5 g/cm<sup>3</sup>）。
  4. 平均衝突角度（例：45 度）。
- e) 結果の分析。
1. 宇宙機の制御に重要な機器の選定。
  2. MLI，パネル，ハニカムパネル等による防護の評価。
  3. 適切な弾道限界計算手法（BLE，IADC）を用いた異なる素材間の距離に関する防護の評価。
  4. 重要な機器の故障モードの評価。
  5. 問題になりやすい機器（例：タンク，スタートラッカー，推進系統，UHF RFDN 導波管等）の評価。

### K.2.3. スケジュール例

本ケースにおける惑星保護スケジュールについては，表K-1を参照。

## 参考文献

- [1] COSPAR Planetary Protection Policy, latest version.
- [2] Directorate of technical and quality management, ESA/ADMIN/ORG (2008) 3.
- [3] ESA planetary protection policy, ESA/C (2007) 112.
- [4] Kminek, G., et al. Report of the COSPAR Mars special regions colloquium. *J. Adv. Space Res.* (2010), doi: 10.1016/j.asr.2010.04.039.
- [5] Kminek, G., "Case Study Planetary Protection Category II," PPOSS Tutorial, Tokyo, Japan, 2017.
- [6] Kminek, G., "Case Study Planetary Protection Category III," PPOSS Tutorial, Tokyo, Japan, 2017.
- [7] Rummel, J.D, Beaty, D.W., Jones, M.A, Bakermans, C., Barlow, N.G., Boston, P.J., Chevrier, V.F., Clark, B.C., de Vera, J.P.P., Gough, R.V., Hallsworth, J.E., Head, J.W., Hipkin, V.J., Kieft, T.L., McEwen, A.S., Mellon, M.T., Mikucki, J.A., Nicholson, W.L., Omelon, C.R., Peterson, R., Roden, E.E., Lollar, B.S., Tanaka, K.L., Viola, D., and Wray, J.J., "A new Analysis of Mars *Special Regions*: Findings of the Second MEPAG Special Regions Science Analysis," Group (SR-SAG2), *Astrobiology*, 14, 887-968, 2014.
- [8] McEwen, A.S., Dundas, C.M., Mattson, S.S., Toigo, A.D., Ojha, L., Wray, J.J., Chojnacki, M., Byrne, S., Murchie, S.L., and Thomas, N., "Recurrent slope lineae in equatorial regions of Mars," *Nature Geosciences*, 7, 53-58, 2014.
- [9] Space sustainability: Planetary protection, ECSS-U-ST-20C, August 2019.
- [10] Ammann, W., Baross, J., Bennett, A., Bridges, J., Fragola, J., Kerrest, A., Marshall-Bowman, K., Raoul, H., Rettberg, P., Rummel, J., Salminen, M., Stackebrandt, E., and Walter, N., "Mars sample return backward contamination – strategic advice and requirements," Report from the ESF-ESSC study group on MSAR planetary protection requirements, Strasbourg, 2012.

## Quotation Part Identification Sheet

JMR-014 Planetary protection requirements			ESSB-ST-U-001 Issue 1 Issue 1 Rev 0 ESA planetary protection requirements		note
Paragraph No.	Paragraph Title (Japanese)	Paragraph Title (English)	Paragraph No. and Title	Sentence quoted ("FULL" : Entire description in the Paragraph "-": No quotation)	
4	原則	Principles	4 Principles	FULL	
4.1	惑星保護の役割および責任	Planetary protection roles and responsibilities	4.1 Planetary protection roles and responsibilities	FULL	
4.1.1	組織レベル	Corporate level	4.1.1 Corporate level	Tailored for JAXA organization	
4.1.2	プロジェクトレベル	Project level	4.1.2 Project level	Tailored for JAXA organization	
4.2	惑星保護カテゴリの定義	Planetary protection category definitions	4.2 Planetary protection category definitions	FULL	add Appendix J
4.2.1	カテゴリI	Category I		FULL	add task example (Appendix K1)
4.2.2	カテゴリII	Category II		FULL	add task example (Appendix K1)
4.2.3	カテゴリIII	Category III		FULL	add task example(Appendix K2)
4.2.4	カテゴリIV	Category IV		FULL	add note
4.2.5	カテゴリV	Category V		FULL	add note
5	技術要求	Requirements.	5 Requirements	FULL	
5.1	全ミッションの一般要求	General requirements for all missions	5.1 General requirements for all missions	FULL, but some portion is tailored for JAXA organization	
5.2	技術要求	Generic requirements.	5.2 Generic requirements.	FULL	
5.2.1	フライト機器組立および加工品等の素材管理	Flight hardware assembly.	5.2.1 Flight hardware assembly.	FULL, but some portion is tailored for JAXA Standard	
5.2.2	アクセス権	Right of access.	5.2.2 Right of access.	FULL, but some portion is tailored for JAXA organization	
5.2.3	衝突確率解析	Probability of impact analysis	5.2.3 Probability of impact analysis	FULL	
5.2.4	汚染確率解析	Probability of contamination	5.2.4 Probability of contamination	FULL	
5.3	固有のミッション要求	Requirements for specific missions	5.3 Requirements for specific missions	FULL	
5.3.1	月ミッション要求	Requirements for Moon missions	5.3.1 Requirements for Moon missions	FULL	
5.3.2	火星ミッション要求	Requirements for Mars missions.	5.3.2 Requirements for Mars missions.	FULL	
5.3.3	エウロパ、エンケラドス、およびその他の外惑星領域太陽系天体ミッションに対する要求	Requirements for missions to Europa, Enceladus and other Solar system bodies in the outer Solar system.	5.3.3 Requirements for missions to Europa, Enceladus and other Solar system bodies in the outer Solar system.	FULL	
5.3.4	太陽系小天体ミッションに対する要求	Requirements for missions to small Solar system bodies	5.3.4 Requirements for missions to small Solar system bodies	FULL	
5.3.4.1	一般要求	General requirements	5.3.4.1 General requirements	FULL	
5.3.4.2	制約付き地球帰還ミッションに対する要求	Requirements for restricted sample return missions	5.3.4.2 Requirements for restricted sample return missions	FULL	
5.4	惑星保護手順要求	Requirements for planetary protection procedures	5.4 Requirements for planetary protection procedures	FULL	
5.4.1	バイオバーデン管理環境	Bioburden controlled environments.	5.4.1 Bioburden controlled environments.	FULL	
5.4.2	バイオバーデン評価	Bioburden assessment	5.4.2 Bioburden assessment	FULL	
5.4.3	バイオダイバーシティ評価(生物多様性評価)	Biodiversity assessment	5.4.3 Biodiversity assessment	FULL	
			5.4.4 Bioburden reduction	-	
5.5	文書化要求	Requirements for documentation	5.5 Requirements for documentation	FULL	
5.6	審査要求	Requirements for reviews.	5.6 Requirements for reviews.	FULL	
5.7	不適合およびウエーバ	Nonconformances and waivers	5.7 Nonconformances and waivers	FULL	added e) by JAXA
別紙A.	(適用)プロジェクト惑星保護要求書-DRD	(normative) Project planetary protection requirements - DRD	Annex A: (normative) Project planetary protection requirements - DRD	FULL	
別紙B.	(適用)惑星保護計画書-DRD	(normative) Planetary protection plan - DRD	Annex B: (normative) Planetary protection plan - DRD	FULL	
別紙C.	(適用)惑星保護実施計画書-DRD	Annex C (normative) Planetary protection implementation plan - DRD	Annex C (normative) Planetary protection implementation plan - DRD	FULL	

別紙D.	(適用)打上前惑星保護報告書-DRD	Annex D (normative) Pre-launch planetary protection report - DRD	Annex D (normative) Pre-launch planetary protection report - DRD	FULL	
別紙E.	(適用)打上後惑星保護報告書-DRD	Annex E (normative) Post-launch planetary protection report - DRD	Annex E (normative) Post-launch planetary protection report - DRD	FULL	
別紙F.	(適用)延長ミッション惑星保護報告書	Annex F (normative) Extended mission planetary protection report - DRD	Annex F (normative) Extended mission planetary protection report - DRD	FULL	
別紙G.	(適用)ミッション終了惑星保護報告書-DRD	Annex G (normative) End-of-mission planetary protection report - DRD	Annex G (normative) End-of-mission planetary protection report - DRD	FULL	
別紙H.	(適用)有機物目録-DRD	Annex H (normative) Organic materials inventory - DRD	Annex H (normative) Organic materials inventory - DRD	FULL	
別紙I.	(参考)有人火星ミッションガイドライン	Annex I (informative) Guidelines for human Mars missions.	Annex I (informative) Guidelines for human Mars missions.	FULL	
別紙J.	ミッションカテゴリフローチャート	Mission category flow chart			added by JAXA
別紙K.	(参考)カテゴリ別タスク例	Annex K (informative) Task examples by category			added by JAXA
	参考文献	Bibliograph		[1]-[4] FULL	[5]-[10] added by JAXA